Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXXVIII. Jahrgang. 1925. Erstes Heft.

Goethe im Physikunterricht.

Von **Martin Gebhardt** in Dresden-Strehlen.

Die physikalische Wissenschaft ist im Laufe des letzten Jahrhunderts in hohem Grade objektiv geworden. Daß sie dadurch groß geworden ist, wer wollte es leugnen? Indem sie sich eigene Sinne schuf, wurde sie frei von den Unvollkommenheiten und der Beschränktheit der menschlichen Sinne. Immer feiner wurden ihre Meßinstrumente und Meßmethoden. Erstaunlich wuchs ihre Erkenntnis auch dort, wo Ohr, Auge und Gefühl längst aufgehört haben, Reize zu empfinden. Schon bauen wir uns heute Modelle auf von Einzelheiten der Materie, die sich unseren Sinnen wohl nie unmittelbar offenbaren werden, von denen ausgehend wir trotzdem mit verblüffender Kühnheit von Entdeckung zu Entdeckung schreiten.

Es ist nicht zu leugnen, daß dieses Loslösen vom Menschlich-Persönlichen, daß die daraus entspringende nüchterne Sachlichkeit zwar dem zünftigen Physiker selbstverständliche Vorbedingung für ernste Forschung ist, daß sich aber andere Physikbeflissene, zu denen ich die Schüler unserer höheren Schulen rechne, dadurch abgestoßen fühlen. Ich denke hier nicht an Unbegabte und Denkfaule. Vielmehr habe ich die mehr nach der künstlerischen Seite Veranlagten im Auge, die zu metaphysischem Denken neigen, die sich ein Weltbild schaffen möchten, das vom Menschen ausgeht, das die Sinne ebensowenig ausschaltet, wie Empfindungen und Gefühle. Und wo diese, verglichen mit den vorwiegend oder gar einseitig exakt Begabten, in der Überzahl sind, soll der Physikunterricht auf der Oberstufe bei passender Gelegenheit auch einmal bei Männern verweilen, die durch und durch Künstler waren und die doch in heißer Sehnsucht nach Naturerkennen auf ihre Weise sich an die Erforschung der Natur gewagt haben. Man kann an Leonardo da Vinci denken. Aber am nächsten liegt wohl uns deutschen Lehrern Goethe.

Goethe ist als Naturforscher lange Zeit unbekannt geblieben. Die meisten Physiker von Fach haben ihn schon zu Lebzeiten mehr oder weniger schroff abgelehnt. Sind wohl auch, was Goethe am bittersten gekränkt hat, schweigend an ihm vorübergegangen. Selbst Helmholtz hat noch über ihn das harte Urteil gefällt, er hätte die auf naturwissenschaftliche Studien verwendete Zeit lieber besser nutzen sollen. Ähnlich, wenn auch zum Teil milder, dachten Goethes Zeitgenossen Salomo Schweigger und G. Chr. Lichtenberg, Physiker, deren Namen in der Wissenschaft einen guten Klang haben; ähnlich später Du Bois-Reymond und Dove. Nur zwei Physiker erstanden als Verteidiger des Dichter-Forschers: Th. Joh. Seebeck, an den sich darum Goethe auch als „seinen vieljährigen Freund und Mitarbeiter" mit großer Zähigkeit klammerte, und Joh. Wilh. Ritter, den Spätere zu Unrecht zum Naturphilosophen gestempelt haben. Da ist es nun interessant, daß sich im übrigen solche Gelehrte auf die Seite des Dichter-Physikers stellten, die Physiologen oder Philosophen waren. Johannes Müller, Purkinje, Schopenhauer und Hegel gehörten zu ihnen[1]). Beachtet man diese Verschiedenheit der Gegner einerseits und der Freunde andererseits, so hat man leicht den Schlüssel zu ihrer Stellungnahme in der Hand. Es ging den zuletzt genannten

[1]) Vgl. hierzu: „Goethe und Ritter" von Graf Karl v. Klinkowstroem im Jahrbuch der Goethe-Gesellschaft, Band 8 (Weimar 1921), S. 135 ff.

ähnlich, wie den Schülern, die ich oben kennzeichnete. Ihnen war die Physik nicht Selbstzweck, nicht Objekt der Forschung. Sie fühlten sich vielmehr dort zu ihr hingezogen, wo sie ihrem Gemüte, ihrem auf das Seelische eingestellten Gefühlsleben Stoff und Anregung bot.

So war auch Goethes Gegnerschaft gegen Newton in der Grundverschiedenheit beider Naturen begründet. Schon der Gegensatz der Nationalitäten spielt wohl eine Rolle. Hier der nüchterne, mit den klar gesehenen Tatsachen rechnende, der Spekulation abholde Verstandesmensch, dort der Poet, der auch Dichter und Künstler blieb, wenn er sich einredete, mit „Hebeln und Schrauben" exakte Forschung zu treiben. Und so wird sich die Gegenwart, die Goethes Farbenlehre wieder aus dem Staube des Bücherschrankes hervorgeholt hat, nur dann an deren tiefem Sinne und all ihren buntschillernden Schönheiten erfreuen können, wenn sie alles überschlägt, was darin Physik im engeren, ich möchte sagen zünftigen Sinne ist oder sein soll.

Ich weiß durch jahrelange Erfahrung, daß Goethes Farbenlehre — seiner Meteorologie lege ich geringere Bedeutung bei — sehr wohl geeignet ist, jetzt und in alle Zukunft dem reiferen Schüler, insbesondere eines humanistischen Gymnasiums, eine seltene Freude zu bereiten. Aber noch mehr: Sie zeigt, daß es auch eine Physik des Naiven gibt, eine Physik des Rein-Menschlichen, eine Physik des Ästhetischen, der Naturfreude. Eine solche Physik hat ihre eigenen Gesetze. Sie beginnt erst dort ihren Zauber zu weben, wo sie sich dem Lande der Physiologie und Psychologie nähert, wo sie auch einen Schritt ins Reich der Kunst wagt.

Das haben in unseren Tagen mehr und mehr auch hervorragende Vertreter der exakten Wissenschaften empfunden und mit beredten, ja begeisterten Worten ausgesprochen. Ich denke an W. Wien, an Wessely, an W. Ostwald und andere[1]). Auch ein Schulmann verdient genannt zu werden: R. Hunger, der in einem schon früher in dieser Zeitschrift zitierten Aufsatze[2]) Goethes Farbenlehre für die Kunsterziehung in der Schule nicht nur warm empfiehlt, sondern der auch ausführlich darlegt, wie er sich die Behandlung der Farbenlehre im Unterricht denkt[3]).

Die beste Anregung aber vermag dem Lehrer eine Wanderung durch das Goethe-Nationalmuseum in Weimar zu geben. Dort, an geweihter Stätte, kann er, wenn er sich zuvor den Inhalt der Farbenlehre zu eigen gemacht hat, in dem Physiksaale des zweiten Stockes Goethe erst ganz verstehen lernen. Dort soll er schauen und wieder schauen. Dort kann er in des Meisters Werkstatt einen Einblick tun. Dort lernt er ahnen, mit welch unendlichem Fleiße Goethe Jahrzehnte seines Lebens darangesetzt hat, die Wahrheit über Wesen und Sinn der Farben zu ergründen[4]). Wie zum Deutschen Museum für Meisterwerke der Naturwissenschaft und Technik müßten auch zum Hause am Frauenplan in Weimar alle deutschen Physiklehrer wallen! Wie ganz anders können sie ihren Unterricht vertiefen und erweitern, wenn ihnen dort eine neue Welt aufgegangen ist! —

Im Goethe-Nationalmuseum wird der Besucher zunächst mit Staunen feststellen, daß Goethe mit schier übermenschlicher Arbeitskraft und wahrem Bienenfleiße nichts geringeres erstrebt hat, als mit seinem Geiste allen Regungen des Universums nachzuspüren. „Wo faß' ich dich, unendliche Natur?" Dies faustische Wort hat er sich selbst geschrieben. Nach oben wuchs ihm der Baum der Erkenntnis und streckte seine Zweige immer weiter empor zum Himmel der Dichtkunst. Das genügte dem

[1]) W. Wien, Goethe und die Physik; Vortrag, gehalten in der Münchener Universität am 9. Mai 1923. Berlin, J. A. Barth, 1923. — W. Ostwald, Goethe, Schopenhauer und die Farbenlehre. Leipzig, Unesma, 1918. — K. Wessely, Goethes und Schopenhauers Stellung in der Geschichte der Lehre von den Gesichtsempfindungen; Rektoratsrede, Würzburg, 11. Mai 1922. Berlin, J. Springer 1922. In dieser Zeitschrift besprochen in Bd. 37, S. 61 (1924).

[2]) Diese Zeitschrift, 35. Jahrgang, 1922, Erstes Heft, S. 5.

[3]) R. Hunger, Zur Kunsterziehung in der Schule. Zeitschr. f. Deutschkunde, 1920, 1. Heft.

[4]) Vgl. hierzu: „Führer durch das Goethe-Nationalmuseum in Weimar II". Amtliche Ausgabe (Weimar 1922), Seite 6 ff., mit der Einführung von K. Speyerer.

Gärtner nicht. Auch den Wurzeln, auch all den feinen Gebilden unerforschter Tiefen wollte er nachspüren. „Zwar weiß ich viel, doch möcht' ich alles wissen." So glaubt man zu hören, wenn man Zeuge von Goethes Bestreben wurde, wie in allen Naturwissenschaften so auch in der Physik die verschiedensten Gebiete zu durchforschen, wenn man von seiner Absicht hört, eine Tonlehre zu verfassen, auch über Elektrizität selbständig zu schreiben, wenn man seine meteorologischen Abhandlungen, vor allem aber seine Farbenlehre studiert.

Nur der Physiklehrer wird mit Lust und Liebe darangehen, Goethes Farbenlehre zu besprechen, der im Unterricht auf einen geschichtlichen Einschlag nicht verzichtet. Auch wenn er nicht so weit geht wie Goethe, der im Vorwort zur Farbenlehre behauptet, „daß die Geschichte der Wissenschaft die Wissenschaft selbst sei", der aber überzeugt ist, daß dem Lernenden das Verständnis für den gegenwärtigen Stand einer Wissenschaft erst dann recht erschlossen werden kann, wenn falsche Anschauungen früherer Zeiten nicht verschwiegen werden. Daher stimmen wir Goethe zu, wenn er fordert: „Von demjenigen, der die Geschichte irgend eines Wissens überliefern will, können wir mit Recht verlangen, daß er uns Nachricht gebe, wie die Phänomene nach und nach bekannt geworden, was man darüber phantasiert, gewähnt, gemeint und gedacht habe."

Offen soll bekannt werden, daß Goethes erbitterter Kampf gegen Newton auf einem Irrtum beruht, der dauernd ein Irrtum bleiben wird, trotz manches Versuches noch aus unseren Tagen, ihn in Wahrheit umzudeuten. Daß Goethe ein Mensch war und auch dem Menschlichen seinen Tribut zollen mußte, würdigt ihn nicht herab, sondern bringt ihn uns menschlich näher. Man wird also den polemischen Teil mit seinen scharfen Ausfällen gegen einen großen Forscher vielleicht mit einigen Stichproben erwähnen, im übrigen aber nicht weiter darauf eingehen[1]). Auch die „Materialien zur Geschichte der Farbenlehre" wird man nur erwähnen, wobei man den fabelhaften Fleiß des Verfassers gebührend rühmen mag. Füllen diese „Materialien" doch in der Originalausgabe von 1810 im zweiten Bande nicht weniger als 658 Seiten aus!

Bleibt der dritte Teil des großen Werkes, der am Anfang steht und „didaktischer Teil" überschrieben ist. Hier nun tut sich uns eine Fundgrube köstlicher Weisheit und unvergänglicher Schönheit auf. Zu ihr soll man den Schüler führen. Hier soll man ihm helfen, edles Gestein tiefer Wahrheit ans Licht zu bringen.

Da es der gewaltige physikalische Stoff, der in Oberprima zu bewältigen ist und der schon zwingt, viel Wichtiges nur zu streifen, nicht erlaubt, umfassend auf die Goetheschen Ausführungen einzugehen, so möchte ich vorschlagen, in etwa drei Stunden folgende Gedankengänge freizulegen.

Wie schon oben betont worden ist, bleibt Goethe auch als Naturforscher Künstler, auch wenn er noch so sehr in dem Wahne befangen ist, vorwiegend zu ersterem berufen zu sein. So war es denn die bildende Kunst, die in ihm den Forschertrieb

[1]) Hier einige weniger bekannte Aussprüche Goethes aus den seltenen „Erklärungen der zu Goethes Farbenlehre gehörigen Tafeln" (Tübingen, Cotta 1810), S. 17: „Die Nachwelt wird mit Erstaunen ein solches Musterstück betrachten, wie gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts in den Naturwissenschaften auf eine Weise verfahren worden, deren sich das dunkelste Mönchtum und eine sich selbst verwirrende Scholastik nicht zu schämen hätte." Seite 18: „Fast möchten wir glauben, daß es im Gehirn ganz besondere Organe für diese seltsamen Geistesoperationen gebe. Möge doch Gall einmal den Schädel eines rechten Stock-Newtonianers untersuchen und uns darüber einigen Aufschluß erteilen." Seite 21: „... so überlassen wir gern die Schule ihrem würdigen Präsidenten und Anführer der Kosaken, dessen Qualifikation zu dieser Stelle wir selbst wohlmeinend dargetan." — In den erst kürzlich von Max Hecker zum ersten Male veröffentlichten (Jahrbuch der Goethe-Gesellschaft, Band 10, 1924) Briefen Goethes an Thomas Seebeck finden wir die Stelle (18. 2. 1810): „... wieder ein neuer Beleg, wie die Newtonsche Schule, von ewigen Vorurteilen umnebelt, sich selbst und anderen jedes wahrhaft Entdeckte verbarg und verkümmerte, wenn es ihr nicht gelegen kam." Wie gut passen diese Worte auf den Briefschreiber selbst, wenn man die Rollen vertauscht!

weckte. Der Nachweis hierfür ist nicht schwer, wenn man die „Konfession des Verfassers“ liest, mit der er den historischen Teil abschließt. Dort erfährt man, daß ihn die Materie von frühester Jugend an außerordentlich gefesselt hat. Bekannt ist, wie er sich immer wieder mit Zeichnen und Malen beschäftigt hat, ohne sich auch hier seines Dilettantismus bewußt zu sein. Hier haben wir eine Parallele zu Goethe dem Naturforscher. In seinen universellen Bestrebungen wollte er Gebiete bezwingen, die seiner Veranlagung fern lagen und zu denen er sich nach seinen eigenen Worten trotzdem „fast mit größerem Triebe und lebhafterer Leidenschaft gedrängt fühlte, als zu demjenigen, was ihm von Natur leicht und bequem war“. Viel mehr, „als er je nach Regeln der Dichtkunst gefragt hatte“, grübelte er den Gesetzen nach, die den farbigen Wirkungen der Gemälde zugrunde liegen. Den gewaltigsten Antrieb zu solchem Forschen brachte ihm die italienische Reise im Jahre 1786/87. Im Verkehr mit Künstlern und bei der Unterredung mit Kennern ward er bald gewahr, daß diese über „Komposition, Teile, Stellung und Form“ ihrer Gemälde leicht Rechenschaft geben konnten. „Kam es aber an die Färbung, so schien alles dem Zufall überlassen zu sein, dem Zufall, der durch einen gewissen Geschmack, einem Geschmack, der durch Gewohnheit, einer Gewohnheit, die durch Vorurteil, einem Vorurteil, das durch Eigenheiten des Künstlers, des Kenners, des Liebhabers bestimmt wurde.“ Kein Lehrbuch gab ihm Auskunft. So reifte in ihm der Gedanke, nicht bei der Kunst, sondern bei der Wissenschaft anzuklopfen und selbst Physiker zu werden. Und er begann mit dem eifrigen Studium der Schriften Newtons.

Da war es nun des Dichters Verhängnis, daß er Newton nicht verstand, wohl schon darum nicht, weil er mit Vorurteilen an dessen Werke heranging. Aus Italien nach Weimar zurückgekehrt, stürzte er sich unter Hintansetzung aller anderen Arbeiten auf die Physik, insbesondere die Optik. Noch heute kann man im Goethe-Nationalmuseum die zahlreichen Bücher über Farben und Farbenlehre ausgestellt sehen, die er sich anschaffte und, wie eine Durchsicht des reichen, vier dicke Kästen füllenden handschriftlichen Nachlasses im Goethe-Archiv lehrt, auch eifrig durchstudiert hat.

Man darf deshalb nicht glauben, daß Goethe das Experiment vernachlässigt habe. Im Gegenteil, er hat sich eine Unmenge Apparate angeschafft und mit ihnen unzählige Versuche angestellt. Aber man hat dauernd das Gefühl, als ob er sich schon im voraus ein bestimmtes Bild vom Verlauf des Versuches gemacht, als ob er nur Bestätigung seiner ihm durch höhere Eingebung gewordenen Erkenntnis erwartet habe. Das „Aperçu“ war ihm alles. Also genau das Gegenteil von dem, was wir von einem exakten Forscher verlangen müssen, der unter weitgehender Ausschaltung des Subjektiven nur der Stimme der Natur lauscht, die aus seinen Apparaten spricht, die er durch diese zwingt, sich zu offenbaren. So bemühte sich Goethe nicht, bei scheinbaren Abweichungen von Newtons Versuchsergebnissen den Fehler in mangelhafter Ausführung oder in der Unvollkommenheit seiner Apparatur zu suchen. Kennzeichnend ist in dieser Beziehung das Spottgedicht[1]), das „Dem Weißmacher“ überschrieben ist und das man auch wegen seiner Beziehungen zur Schule wohl seinen Primanern vortragen kann:

Newtonisch Weiß den Kindern vorzuzeigen,
Die pädagogschem Ernst sogleich sich neigen,
Trat einst ein Lehrer auf, mit Schwungrads Possen,
Auf selbem war ein Farbenkreis geschlossen.
Das dorlte nun. „Betracht' es mir genau!
Was siehst du, Knabe?“ Nun, was seh' ich? Grau!
„Du siehst nicht recht! Glaubst du, daß ich es leide?
Weiß, dummer Junge, Weiß! so sagts Mollweide!“

Wenn man allerdings im Goethehause sieht, mit wie unzulänglichen Tuschen Goethe seine Farben aufgepinselt hat, glaubt man ihm diesen Mißerfolg ohne weiteres.

[1]) Weimarer Ausgabe, 5. Band, I. Abt., S. 179.

Übrigens gehts ohne einen Seitenhieb auf einen mit ihm nicht übereinstimmenden „Zünftigen“ wieder nicht ab! —

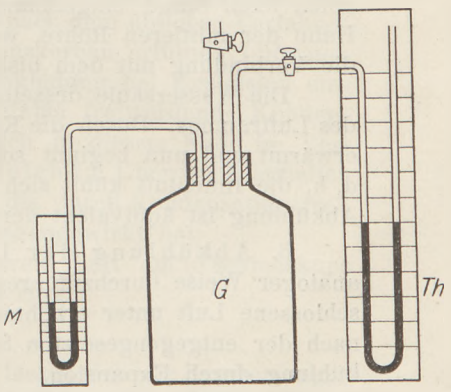
Hat man von allen diesen Dingen seinen Schülern erzählt, so kann man dazu übergehen, etwa in einer zweiten Stunde Goethes Farbenlehre selbst aufzuschlagen. Hunger gibt a. a. O. sehr viel an, was er aus dem didaktischen Teile durchnehmen möchte. Ich glaube, so weit kann man nicht gehen, wenn wöchentlich nur zwei Physikstunden zur Verfügung stehen. Wer aber die Zeit zu haben glaubt, mag sich dem Genannten als sachkundigem Führer anvertrauen.

(Schluß folgt.)

Schulversuche zur adiabatischen Zustandsänderung der Gase.

Von Dr. K. Krüse in Innsbruck.

Die im folgenden beschriebene Versuchsanordnung und die damit angestellten Versuche wurden im September vorigen Jahres auf der 88. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Innsbruck einer größeren Zahl von Fachmännern vorgeführt und sollen mehrfach geäußerten Wünschen entsprechend auch an dieser Stelle einem weiteren Kreise von Physiklehrern bekanntgemacht werden, einerseits aus dem Grunde, weil der Apparat mit wenigen Glasgeräten und Schläuchen nach der nebenstehenden Zeichnung zusammengestellt werden kann, andererseits weil sich mit demselben eine Anzahl einfacher und doch sehr wichtiger Versuche ausführen läßt, welche die Grundlage für das Prinzip der Gasverflüssigung nach Linde sowie für viele meteorologische Erscheinungen (Wolkenbildung im aufsteigenden Luftstrome, Erwärmung der Fallwinde) bilden. Auch kam der Verfasser auf Grund der Einsichtnahme in eine größere Zahl von Lehrbüchern der Physik zu der Ansicht, daß Versuche dieser Art, die auch quantitative Einblicke gewähren, bisher nicht die gebührende Berücksichtigung gefunden haben. Das unter dem Namen des pneumatischen Feuerzeuges allgemein bekannte und verbreitete Gerät zeigt, wenn es überhaupt funktioniert, nur die Erwärmung bei starker Kompression, nicht aber die für die Anwendung noch wichtigere Erscheinung der Abkühlung durch Expansion; eine Messung der Temperaturänderungen durch Druck ist dabei auch näherungsweise nicht möglich.



Der Apparat (siehe die Figur) besteht aus einem luftdicht abgeschlossenen Gasraum *G* von etwa einem Liter Inhalt, aus dem drei Glasröhren führen; die erste Röhre steht in Verbindung mit einem offenen Quecksilbermanometer *M* zur Messung des Druckes, unter dem die eingeschlossene Luft jeweils steht; die zweite mit einem Wassermanometer *Th*, das als Thermoskop Verwendung findet. Dieses ist durch einen einfachen oder einen Zweiwegehahn gegen den Gasraum absperrbar, um zu große Überdrucke auszuschalten. Eine dritte mittlere Röhre führt in die freie Atmosphäre; sie ist möglichst weit und besitzt einen Glashahn mit großer Öffnung, damit der Druckausgleich schnell erfolgt und der Hahn rasch wieder geschlossen werden kann, da sonst eine volle Einwirkung auf das Thermoskop nicht möglich ist.

Der das Thermoskop abschließende Hahn ist immer erst dann zu öffnen, wenn der Druckausgleich erfolgt ist und die damit verbundene Wärmewirkung gezeigt werden soll; andernfalls wird bei größeren Drucken die Sperrflüssigkeit aus dem

Thermoskop hinausgeschleudert und man wäre genötigt, die zeitraubende Neufüllung desselben während der Versuche vorzunehmen.

Zur Erzeugung eines Über- oder Unterdruckes kann eine Luftpumpe verwendet werden, bequemer ist es jedoch, dies durch Einblasen bzw. Aussaugen mit dem Munde zu bewerkstelligen; man erreicht so leicht Druckdifferenzen bis etwa 7 cm Quecksilbersäule, was für alle Versuche hinreicht und entgeht damit der Gefahr, daß Quecksilber aus dem Manometer abgesaugt wird.

Gegenüber älteren ähnlichen Versuchsanordnungen besteht bei der hier beschriebenen ein besonderer Vorteil in der Trennung der Temperaturmessung von jener des Druckes durch den Anschluß des Gasraumes an zwei verschiedene Manometer; dadurch läßt sich jede Temperaturänderung in viel größerem Maßstabe und vollkommen getrennt von der Druckmessung vorführen.

Versuche.

1. Bestimmung des spezifischen Gewichtes von Quecksilber. Als erster Versuch wird eine Vergleichung der beiden Manometer vorgenommen, da bei einem der folgenden Versuche die Umrechnung der Wasserhöhe (H) auf Quecksilberhöhe (h) notwendig ist. Das Verhältnis $H:h$ ergibt den Reduktionsfaktor und zugleich auch das spezifische Gewicht des Quecksilbers auf sehr einfache Art und bei sorgfältiger Ablesung der Höhen auf Millimeter bis auf eine Dezimale genau.

2. Erwärmung der Luft durch Kompression. Nach Abschließen des zum Thermoskop führenden Hahnes wird die Luft im Gasraum durch Druckverminderung um einige Zentimeter Quecksilber verdünnt. Schon bei diesem Vorgange läßt das Manometer eine Abkühlung erkennen, da es nach Abschluß des weiten Hahnes ein wenig zurückgeht, bis die Abkühlung durch die Erwärmung von außen her ausgeglichen ist. Man muß daher bis zum Beginn des eigentlichen Versuches eine kurze Zeit warten und nimmt erst dann die Ablesung des Manometers vor, wenn dieses einen fixen Stand eingenommen hat. Sodann öffnet man für ganz kurze Zeit den Hahn der mittleren Röhre, wodurch der Druckausgleich erreicht wird, und stellt nun die Verbindung mit dem bisher abgeschlossenen Thermoskop her.

Die Wassersäule desselben zeigt ein starkes Ansteigen im Sinne einer Abkühlung des Luftraumes. Durch die Kompression wurde nämlich die abgeschlossene Luftmasse erwärmt und nun beginnt sofort der Wärmeausgleich mit der kühleren Umgebung, d. h. die Innenluft kühlt sich ab, wie es das Thermoskop anzeigt. Die Größe dieser Abkühlung ist äquivalent der zuvor durch Kompression hervorgebrachten Erwärmung.

3. Abkühlung der Luft durch Expansion. Dieser Versuch ist in ganz analoger Weise durchzuführen wie bei der Kompression, indem zunächst die abgeschlossene Luft unter erhöhten Druck gebracht wird. Das Thermoskop steigt dann nach der entgegengesetzten Seite infolge der Wiedererwärmung nach erfolgter Abkühlung durch Expansion.

Die Größe dieser Abkühlung bzw. Erwärmung läßt sich aus der Poissonschen Gleichung

$$p_1 : p_2 = v_2^k : v_1^k$$

dadurch berechnen, daß man dieselbe mittels der Zustandsgleichung der Gase

$$p \cdot v = R \cdot T$$

so umformt, daß das Volumen eliminiert wird, wodurch man die Beziehung erhält:

$$T_1 : T_2 = p_1^{\frac{k-1}{k}} : p_2^{\frac{k-1}{k}},$$

wobei $k = c_p : c_v = 1{,}41 \ldots$ mithin $(k-1):k = 0{,}29 \ldots$

Es ist daher $$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0{,}29} = T_1 \cdot \left(\frac{b}{b \pm h}\right)^{0{,}29}$$

oder $$T_2 - T_1 = \Delta T = T_1 \left[\left(\frac{b}{b \pm h} \right)^{0{,}29} - 1 \right].$$

Für Zimmertemperatur ($T_1 = 288^0$) und den Beobachtungsort ($b = 710$ mm) sind die so berechneten Werte der Temperaturänderung in der folgenden Tabelle zusammengestellt, in der auch Mittelwerte für die Höhen der Wassersäule des Thermoskopes bei verschiedenen Druckdifferenzen, wie sie eine größere Zahl von Versuchen ergab, angeführt sind.

	Kompression						Expansion						
h	−60	−50	−40	−30	−20	−10	+10	+20	+30	+40	+50	+60	mm Hg
ΔT	+7,5°	+6,0°	+4,8°	+3,6°	+2,4°	+1,2°	−1,2°	−2,3°	−3,5°	−4,6°	−5,8°	−6,9°	
H	17	14	11	8	6	3	3	5	7	9	11	14	cm H_2O

4. Bestimmung des Verhältnisses der spezifischen Wärmen. Aus den Versuchen über die Erwärmung durch Kompression läßt sich nach dem schon von Clement und Desormes angegebenen Verfahren das Verhältnis der spezifischen Wärmen angenähert ermitteln. (Vgl. die Ableitung der Formel im *Lehrbuch der Physik* von Müller-Pfaundler, III. Bd., S. 230/231, Vieweg 1907).

Es ergibt sich dafür der Ausdruck

$$k = h : \left(h - \frac{H}{13{,}6} \right)$$

Entnimmt man aus obiger Tabelle zwei zugehörige Werte für h und H, so erhält man für k den durchschnittlichen Wert von nahezu 1,3 oder eine Abweichung von etwa 10% gegenüber dem richtigen Werte.

5. Kondensationswärme bei Nebelbildung. Durch die mittlere weite Röhre werden zunächst einige Tropfen Wasser eingeführt und sodann die Rußteilchen eines brennenden Zündhölzchens eingesaugt. Hat man so nach dem üblichen Verfahren einen mit Wasserdampf gesättigten und mit Kondensationskernen erfüllten Luftraum geschaffen, so läßt sich nunmehr nicht nur die durch Abkühlung bei Expansion eintretende starke Nebelbildung zeigen, sondern auch die dabei freiwerdende Kondensationswärme nachweisen. Das Thermoskop zeigt nämlich in diesem Falle im Vergleich zu den bei Expansion ohne Kondensation und gleichem Überdruck erzielten Wasserhöhen einen wesentlich geringeren Ausschlag, da die durch Kondensation freiwerdende Wärme der Abkühlung durch Expansion entgegengewirkt hat.

Bei 60 mm Druckdifferenz ergab sich für staubfreie Luft am Thermoskope $H = 14$ cm, dagegen beim Auftreten von Nebel $H' = 11$ cm.

Zusammenfassung.

Mit der beschriebenen einfachen Versuchsanordnung lassen sich alle Erscheinungen bei adiabetischen Zustandsänderungen der Gase bequem und ohne viel Zeitaufwand während des Unterrichts vorführen. Allerdings erhält man keine exakten zahlenmäßigen Beziehungen, sondern nur angenäherte Werte, vor allem deshalb, weil der ins Freie führende Hahn so lange offen bleiben muß, bis der Druckausgleich vollständig hergestellt ist, andererseits aber so rasch wieder geschlossen werden soll, daß der volle Einfluß der Temperaturänderung auf das Thermoskop zur Wirkung kommt. Es ist Sache der Übung hier die geeignete Zeitdauer herauszufinden. Aus diesem Grunde ist der für k erhaltene Wert nur angenähert richtig und es hätte auch eine Berechnung der einer bestimmten Höhendifferenz des Thermoskopes entsprechenden Temperaturänderung keinen praktischen Wert. Aber schon die Vorführung der graduellen Unterschiede der Temperaturänderungen bei verschiedenen Druckunterschieden sowie besonders jener zwischen der Abkühlung ohne und mit Kondensation lassen den Wert derartiger Versuche zur Genüge erkennen.

Vierzehn Aufgaben über die Mechanik der Oberleitung einer elektrischen Straßenbahn.

Von E. Maey in Bonn.

Der Forderung, statt der vielfach üblichen Phantasieaufgaben mehr solche aus der Praxis heranzuziehen, stehen zwei Schwierigkeiten entgegen. Der Lehrer steht meist den praktischen Aufgaben so fern, daß er selbst schwer solche der Wirklichkeit entsprechend bilden kann; dem Schüler dagegen bereiten solche Aufgaben neben den mathematischen neue Schwierigkeiten. Diese bestehen nicht nur darin, daß er sich in neue Vorstellungen hineindenken muß, sondern diesen Aufgaben aus der Wirklichkeit fehlt auch noch teilweise die mathematische Bestimmtheit. Das kann an ihnen als Mangel empfunden werden; ich sehe darin eine natürliche Eigenart. Die mathematische Bestimmung gehört mit zur Lösung und ist der erste Schritt zu ihr. Wird jene schon in der Aufgabe vollständig gegeben, so ist diese eben keine physikalische mehr, sondern eine eingekleidete mathematische. Physikalische Aufgaben aber sollen zugleich lehren, wie die Wirklichkeit nur näherungsweise in mathematischen Formen erfaßt werden kann. Ich glaube daher, daß die Mitteilung der folgenden Aufgabenreihe über die Mechanik der Oberleitung einer elektrischen Straßenbahn manchem Fachgenossen willkommen sein wird, zumal da die oben genannten Schwierigkeiten für den Schüler deshalb leichter überwunden werden können, weil alle Aufgaben einen und denselben Gegenstand behandeln, der dem Schüler aus der Anschauung bekannt ist.

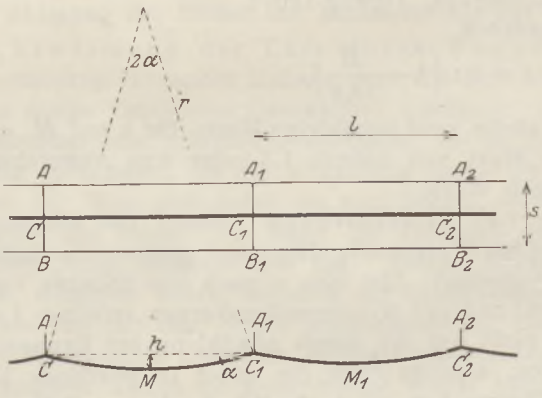


Fig. 1.

Fig. 1 stellt im Grundriß und Aufriß die Oberleitung einer elektrischen Straßenbahn auf einer geraden Strecke mit einem Zuleitungsdraht CC_2 dar, der an den quer über die Straße gespannten Drähten AB, A_1B_1, A_2B_2 usw. in der Mitte durch je einen Isolatorenhalter bei C, C_1 und C_2 aufgehängt ist. Die technischen Maße sind nach den Angaben der „Hütte“, des Ingenieurs Taschenbuch, Bd. II, 24. Aufl., 1923, S. 1200 gewählt. Ich teile ferner überall den Spielraum der gebräuchlichen Maße mit, damit die Aufgaben auch leicht mit anderen Zahlen abgeändert werden können. Daß ich nur den jetzt schon meist veralteten kreisförmigen Querschnitt der Oberleitung voraussetze, ist durch den Zweck bedingt, einfache Schulaufgaben zu bilden.

Die Aufgaben sind nach der natürlichen Folge der Fragestellungen angeordnet. Jedoch können die Nummern 1, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11 und 12 wegen ihrer Einfachheit aus der Reihe der übrigen heraus auch im Anfangsunterricht behandelt werden.

1. Aufgabe (Fig. 1). Auf einer geraden Strecke sind die Aufhängestellen C, C_1, C_2 usw. der Oberleitung l m voneinander entfernt. Bei C_1 hängt außer dem Isolatorenhalter von 1 kg Gewicht die Oberleitung von a mm Dicke in der Mitte eines quer über die Straße gespannten Drahtes A_1B_1. Welche Last hat dieser Spanndraht zu tragen? Das Artgewicht des Kupfers ist $k = 8{,}9$, $a = 8{,}2$ mm (8—9 mm), $l = 38$ m (35—40 m).

Lösung: Das Drahtstück, welches bei C_1 getragen wird, erstreckt sich von M bis M_1. Wegen der Kleinheit des Durchhanges in diesen Punkten kann in erster Annäherung das Stück als gerade, also von der Länge l m angenommen werden.

Das ergibt das Gewicht $k \cdot \left(\frac{a}{2}\right)^2 \pi\, l \cdot 1000$ mg $= 17{,}82$ kg. Dazu kommt das Gewicht des Isolatorenhalters von 1 kg. Die Gesamtlast ist also $p = 18{,}82$ kg.

2. Aufgabe. Wie ändert sich das Ergebnis der vorigen Aufgabe, wenn man den Durchhang h der Oberleitung bei M berücksichtigt? Bei der Temperatur 10^0 sei $h = 0{,}27$ m.

Lösung: Statt des Stückes MC_1M_1 kann der Bogen CMC_1 berechnet werden, und dieser kann als Kreisbogen b mit dem Halbmesser r angenommen werden. Der zugehörige Mittelpunktswinkel sei im Bogenmaß $2\alpha = \frac{b}{r}$; also $b = 2\alpha \cdot r$. Ferner ist $\sin\alpha = \frac{l}{2r}$. Zur Bestimmung von r dient die Gleichung.

$$(2r - h)\,h = \frac{l^2}{4}, \qquad r = \frac{l^2 + 4h^2}{8h}$$

oder auch, soweit $h^2 = 0{,}0729$ gegen $\frac{l^2}{4} = 361$ vernachlässigt werden kann,

$$r = \frac{l^2}{8h}; \quad \frac{l}{2r} = \frac{4h}{l}.$$

Nun ist

$$\alpha = arc\sin\frac{l}{2r}$$

$$\alpha = \frac{l}{2r} + \frac{1}{6} \cdot \frac{l^3}{8r^2}$$

$$2\alpha r = b = l + \frac{1}{6} \cdot \frac{l^3}{4r^2}$$

$$= l + \frac{l}{6} \cdot \frac{16h^2}{l^2}$$

$$b - l = \frac{8}{3}\frac{h^2}{l} = 0{,}0051 \text{ m}.$$

Dieser geringe Unterschied zeigt, daß es für die Praxis ohne Bedeutung ist, ob man in der Lösung der Aufgabe (1) l oder b benutzt.

Will man bei dieser Aufgabe die Reihenentwicklung für $arc\sin$ nicht benutzen, so führt auch folgende Entwicklung zum Ziel:

$$\sin\alpha = \alpha - \frac{\alpha^3}{6}$$

$$\frac{l}{2r} = \frac{b}{2r} - \frac{1}{6} \cdot \frac{b^3}{8r^3}$$

$$b - l = \frac{b^3}{24r^2}$$

oder in guter Annäherung

$$= \frac{l^3}{24r^2} = \frac{8h^2}{3l}$$

wie oben.

3. Aufgabe. An dem Spanndraht mit der Spannweite $A_1B_1 = s$ beobachtet man bei der nach Aufgabe (1) berechneten Belastung p in der Mitte den Durchhang h_1. Wie groß ist seine Spannung f_1?

$$s = 10 \text{ m}, \quad h_1 = 0{,}50 \text{ m}, \quad p = 19 \text{ kg}.$$

Lösung (Fig. 2):

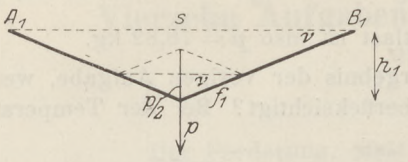


Fig. 2.

$$\frac{p}{2f_1} = \sin\nu = \frac{h_1}{\sqrt{\frac{s^2}{4} + h_1^2}}$$

$$f_1 = \frac{p}{2}\,\frac{\sqrt{\frac{s^2}{4} + h_1^2}}{h_1}$$

h_1^2 kann gegen $\frac{s^2}{4}$ vernachlässigt werden, da $h_1^2 = 0{,}25\ \text{m}^2$ und $\frac{s^2}{4} = 25\ \text{m}^2$ ist. Das ergibt:

$$f_1 = \frac{p\,s}{4\,h_1} = 95\ \text{kg}.$$

4. Aufgabe. Welche Tragfähigkeit T_1 hat der Spanndraht? Die Zugfestigkeit seines Stahls sei 70 $\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$, seine Dicke $a_1 = 5$ mm (3—6 mm).

Lösung: Der Querschnitt des Spanndrahtes ist

$$q_1 = \left(\frac{a_1}{2}\right)^2 \pi = 19{,}6\ \text{mm}^2; \quad T_1 = 70\ \text{kg} \cdot 19{,}6\ \text{mm}^2 = 1370\ \text{kg}.$$

5. Aufgabe. Welches ist die untere Grenze des Durchhanges h_1', bei der der Spanndraht reißen würde?

Lösung: Nach Aufgabe (3) ist allgemein

$$f_1 = \frac{p \cdot 1}{4\,h_1}, \quad \text{also } h_1 = \frac{p\,s}{4\,f_1};$$

hierin ist nach Aufgabe (4) zu setzen $f_1 = 1370$ kg. Also

$$h_1' = \frac{19 \cdot 10}{4 \cdot 1370}\ \text{m} = 0{,}035\ \text{m}.$$

6. Aufgabe. Welches ist die untere Grenze des Durchhanges h_1'', wenn man die fünffache Sicherheit fordert?

Lösung:
$$h_1'' = \frac{p\,s}{4\,f}; \quad f_1 = \frac{T_1}{5} = 274\ \text{kg}.$$

$$= \frac{19 \cdot 10}{4 \cdot 274}\ \text{kg} = 0{,}175\ \text{m}.$$

7. Aufgabe. Der Spanndraht sei vor der Befestigung der Oberleitung gerade gespannt worden. Welchen Durchhang h_1 muß er infolge der Aufhängung des Leitungsdrahtes erfahren, wenn der Dehnungsmodul des Stahldrahts $\eta_1 = 21 \cdot 10^3$ $\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ beträgt?

Lösung: Δs sei die Dehnung des Spanndrahts bei der Spannung $f_1 = \frac{p}{2\sin\nu}$ (Fig. 3). Sein Querschnitt sei $q_1 = 19{,}6\ \text{mm}^2$, ν sein Neigungswinkel und $p = 19$ kg seine Belastung. Dann ist

$$\frac{\Delta s}{s} = \frac{f_1}{q_1\,\eta_1} = \frac{p}{2\sin\nu \cdot q_1 \cdot \eta_1} = \frac{23{,}0 \cdot 10^{-6}}{\sin\nu} \qquad \text{(I)}$$

Ferner ist

$$\frac{s}{s + \Delta s} = \cos\nu \text{ oder } \frac{\Delta s}{s} = \frac{1}{\cos\nu} - 1 \qquad \text{(II)}$$

(I) und (II) liefern zusammen

$$\sin\nu\left(\frac{1}{\cos\nu} - 1\right) = 23{,}0 \cdot 10^{-6}.$$

Diese Gleichung führt auf eine solche vierten Grades für $\sin \nu$. Da aber ν ein kleiner Winkel ist, löst man sie am einfachsten durch Reihenentwicklung oder, wenn man diese vermeiden will, durch folgende Umformung.

$$\sin^3 \frac{\nu}{2} = 5{,}75 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\cos \nu}{\cos \frac{\nu}{2}}.$$

Hierin können $\cos \nu$ und $\cos \frac{\nu}{2}$ gleich 1 gesetzt werden, und man erhält

$$\nu = 2{,}05^0, \quad h_1 = \frac{s}{2} \operatorname{tg} \nu = 0{,}179 \text{ m} \quad \text{und} \quad f_1 = 265 \text{ kg}.$$

Bei der praktischen Ausführung der Aufhängung ist es wichtig, daß die Ergebnisse für h_1 und f_1 in den Aufgaben (6) und (7) fast gleich sind. Denn man erhält bei ursprünglicher gerader Spannung der Spanndrähte nach dem Befestigen der Oberleitung die erforderliche fünffache Sicherheit.

8. Aufgabe. Auf einer Strecke von l m zeigt die Oberleitung einen Durchhang h. Wie groß ist die Spannung f im Leitungsdraht? Ist sie an allen Stellen gleich? Wie groß ist sie an den Befestigungsstellen C und C_1 und wie groß in der Mitte M? $l = 38$ m, $h = 0{,}27$ m. Das Stück CC_1 der Oberleitung wiegt ohne Isolatorenhalter nach Aufgabe (1) rund $p = 18$ kg.

Lösung (Fig. 3): $\quad \cdot f = \dfrac{p}{2 \sin \alpha}$

$$\sin \alpha = \frac{l}{2r} = \frac{4h}{l} \text{ nach Aufgabe (2)}$$

$$f = \frac{p\,l}{8\,h} = 317 \text{ kg}.$$

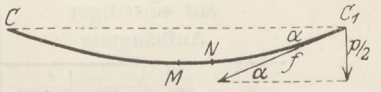


Fig. 3.

Die Spannung in einem Punkte N nahe der Mitte M beträgt entsprechend der ersten Gleichung $f_M = \dfrac{p_1}{2 \sin \alpha_1}$; hierin ist $\dfrac{p_1}{2}$, das Gewicht des Stückes MN, zu bestimmen durch die Gleichung

$$\frac{p_1}{2} : \frac{p}{2} = \alpha_1 : \alpha \quad \text{oder} \quad p_1 = p \cdot \frac{\alpha_1}{\alpha}$$

$$f_M = \frac{p \cdot \alpha_1}{2 \cdot \alpha \cdot \sin \alpha_1} = f \frac{\sin \alpha}{\alpha} \cdot \frac{\alpha_1}{\sin \alpha_1}.$$

Drückt man α und α_1 durch Bogenmaß aus, so ist $\dfrac{\alpha_1}{\sin \alpha_1} = 1$, da N in nächster Nähe von M angenommen wurde. Also ist

$$f_M = f \frac{\sin \alpha}{\alpha} < f, \text{ wobei nach Aufgabe (2)}$$

$$\sin \alpha = 0{,}028416 \quad \text{und} \quad \alpha = 1{,}6283^0 \cdot 0{,}0174533 = 0{,}028418.$$

Die Spannkraft ist also bei geringem Durchhang überall fast gleich, in der Mitte aber am kleinsten.

9. Aufgabe. Welche Tragfähigkeit T hat die Oberleitung, wenn die Zugfestigkeit des Kupfers 40 $\dfrac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ beträgt?

Lösung: $\quad T = 40 \dfrac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \cdot q; \quad q = \left(\dfrac{\alpha}{2}\right)^2 \cdot \pi = 52{,}7 \text{ mm}^2$ (vergl. Aufgabe 1)

$$= 2110 \text{ kg}.$$

10. Aufgabe. Welche Dehnung erfährt ein Stück von l m der Oberleitung durch die nach Aufgabe (8) ermittelte Spannung von 317 kg? Der Elastizitätsmodul des Kupfers ist $\eta = 12 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$.

Lösung: Die Dehnung ist $\Delta l = \frac{l \cdot f \cdot}{q \cdot \eta} = \frac{38 \cdot 317}{52{,}7 \cdot 12 \cdot 10^3}$ m $= 0{,}019$ m.

11. Aufgabe. Welches ist die untere Grenze des Durchhanges h der Oberleitung auf einer Strecke von l m, wenn man die dreifache Sicherheit verlangt?

$$l = 38 \text{ m}, \quad p = 18 \text{ kg}, \quad f = \frac{T}{3} = 703 \text{ kg}.$$

Lösung: $f = \frac{p}{2 \sin \alpha}$ nach Aufgabe (8) und Fig. 4.

$$\sin \alpha = \frac{l}{2r} = \frac{4h}{l} \text{ nach Aufgabe (2)}$$

$$f = \frac{p\,l}{8\,h} \quad \text{und} \quad h = \frac{p\,l}{8f} = \frac{18 \cdot 38}{8 \cdot 703} \text{ m} = 0{,}121 \text{ m}.$$

Ist die Oberleitung auf einer Kurve zu legen, so ersetzt man den Bogen durch eine Reihe von Sehnen von der Länge c, die von dem Krümmungshalbmesser R der Kurve abhängt. Bis $R = 50$ m nimmt man $c = {}^1/_5\, R$. Für größere R gilt folgende Tafel.

	Mit einseitiger Aufhängung			Mit Queraufhängung						
R	60	80	100	150	200	250	300	400	500	600 m
c	11	12	14	17	20	22	25	28	32	35 m

Die Enden der Sehnen brauchen bei starker Krümmung (bis $R = 100$ m) nur einseitig außen an Spanndrähten in radialer Richtung zur Kurve befestigt zu werden.

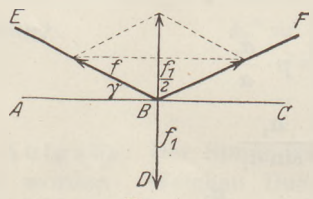


Fig. 4.

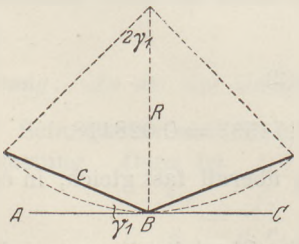


Fig. 5.

12. Aufgabe. Wie groß muß die Spannkraft f_1 in dem Spanndraht bei einer Kurve mit dem Krümmungshalbmesser R sein, wenn sie in der Oberleitung f (bis zu 600 kg) beträgt?

Lösung bei einseitiger Aufhängung.

Ist in Fig. 4 γ der Winkel, den die Tangenten BE und BF der Oberleitungsstücke mit der Tangente ABC der Kurve bilden, so ist, da BE, BF und der Spanndraht BD in einer Ebene liegen, $f_1 = 2 f \sin \gamma$. Ist ferner γ_1 die Projektion von γ auf die wagrechte Ebene, so ist nach Fig. 5 $\sin \gamma_1 = \frac{c}{2R}$. Da γ und γ_1 bei starker Krümmung wenig voneinander verschieden sind, kann man setzen

$$f_1 = 2 f \sin \gamma_1 = f \cdot \frac{c}{R}.$$

13. Aufgabe. Welche Neigung ν zur Wagrechten muß der Spanndraht BD (Fig. 4) haben, damit er mit der Spannung f_1 auch die Last p des Leitungsdrahtes tragen kann? $p = c \cdot 0{,}5$ kg.

Lösung: Die Strahlen BA, BE und BE_1 (Projektion von BE auf die wagrechte Ebene) bilden eine dreiseitige körperliche Ecke, die auf der Kugel $(B, 1)$ ein rechtwinkliges sphärisches Dreieck bestimmt (Fig. 6).

Hierin ist $\operatorname{tg} \nu = \dfrac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \gamma_1}$ und $\sin \gamma_1 = \dfrac{c}{2R}$ und $\operatorname{tg} \alpha = \sin \alpha = \dfrac{p}{2f}$ (Fig. 3), da besonders bei Kurven wegen der Kürze von $c\,\alpha$ klein ist. Das ergibt dann $\operatorname{tg} \nu = \dfrac{p \cdot R}{f \cdot c}$.

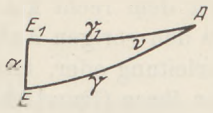


Fig. 6.

14. Aufgabe. Wie ändert sich die Spannung der Oberleitung f mit der Temperatur ϑ?

Lösung: Nach Aufgabe (8) ist $f = \dfrac{p\,l}{8\,h}$, $\dfrac{df}{dh} = -\dfrac{p\,l}{8\,h^2}$, $\dfrac{df}{dh} = -\dfrac{f}{h}$.

Nun hängt dh von der Änderung der Bogenlänge b ab, und diese wieder von der Spannung f und der Temperatur ϑ.

$$dh = \frac{dh}{db}\left(\frac{\partial b}{\partial f}df + \frac{\partial b}{\partial \vartheta}d\vartheta\right)$$

$$df = -\frac{f}{h}dh = -\frac{f}{h}\frac{dh}{db}\left(\frac{\partial b}{\partial f}df + \frac{\partial b}{\partial \vartheta}d\vartheta\right)$$

$$\frac{df}{d\vartheta} = -\frac{f}{h}\cdot\frac{dh}{db}\left(\frac{\partial b}{\partial f}\frac{df}{d\vartheta} + \frac{\partial b}{\partial \vartheta}\right)$$

Nach Aufgabe (2) ist $b = l\left(1 + \dfrac{8}{3}\dfrac{h^2}{l^2}\right)$; daraus folgt

$$\frac{db}{dh} = \frac{8 \cdot 2h}{3 \cdot l} \quad \text{und} \quad \frac{dh}{db} = \frac{3\,l}{16\,h}.$$

$$\frac{\partial b}{\partial f} = \frac{b}{q\,\eta} \text{ oder nahezu} = \frac{l}{q\,\eta}.$$

Setzen wir die Abmessungen wie in Aufgabe (1) voraus, so ist $q = 52{,}7$ mm², $\eta = 12 \cdot 10^3 \dfrac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$, $q \cdot \eta = 632 \cdot 10^3$ kg, $l = 38$ m, und gehen wir ferner von der mittleren Temperatur $\vartheta = 10^0$ als Anfangszustand aus, so ist $f = 317$ kg und $h = 0{,}27$ m. Ferner ist $\dfrac{\partial b}{\partial \vartheta} = b \cdot \beta$ oder nahezu $l \cdot \beta$, wobei $\beta = 17 \cdot 10^{-6}$ ist.

Die Einsetzung dieser Werte liefert:

$$\frac{df}{d\vartheta} = -\frac{f}{h}\cdot\frac{3\,l}{16\,h}\cdot\left(\frac{l}{q\,\eta}\frac{df}{d\vartheta} + l\,\beta\right) = -\frac{3\,f\,l^2}{16\,h^2}\left(\frac{1}{q\,\eta}\frac{df}{d\vartheta} + \beta\right)$$

$$\frac{df}{d\vartheta} = -\frac{3 \cdot 317 \cdot 1444}{16 \cdot 0{,}073}\left(\frac{1}{632 \cdot 10^3}\frac{df}{d\vartheta} + 17 \cdot 10^{-6}\right) = -1{,}86\,\frac{df}{d\vartheta} - 20{,}0$$

$$\frac{df}{d\vartheta}(1 + 1{,}86) = -20{,}0$$

$$\frac{df}{d\vartheta} = -\frac{20{,}0}{2{,}86} = -7\,\frac{\text{kg}}{\text{Grad}}.$$

Bei -20^0 steigt also die Spannung auf $(317 + 7 \cdot 30) = 527$ kg, und bei 30^0 fällt sie auf $(317 - 7 \cdot 20) = 177$ kg.

Wenn diese letzte Aufgabe auch wohl kaum in der Schule behandelt werden kann, so glaubte ich sie doch in diesem Zusammenhange nicht übergehen zu dürfen, da der Lehrer, wenn er die vorigen Aufgaben mit anderen Zahlen abändern will, übersehen muß, welchen erheblichen Einfluß die Temperatur auf die zu wählenden Abmessungen hat.

Bei neuen Anlagen elektrischer Straßenbahnen finden wir meist eine andere weniger einfache Art der Aufhängung der Oberleitung, als sie oben vorausgesetzt wurde. Hier sehen wir, daß die Oberleitung an einem über ihr verlaufenden Stahldraht in dichter liegenden Punkten aufgehängt ist. Die Bedeutung dieser Einrichtung

wird erst dem recht klar werden, der die Schwierigkeiten der alten Aufhängungsart (z. B. an den vorigen Aufgaben) durchdacht hat, die einmal in dem großen Durchhang der Oberleitung oder, falls dieser durch starke Anspannung möglichst vermieden wird, in dieser ihren Grund haben. Der gleichlaufende Aufhängedraht dagegen kann einen grossen Durchhang besitzen und bedarf daher auch keiner so großen Spannung.

Die Behandlung der Formel $T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$[1].

Von **K. Schütt** in Hamburg (Oberrealschule in St. Georg).

Eine ähnliche Bedeutung wie in der Lehre von den elektrischen Strömen das Ohmsche Gesetz, hat für die elektrischen Schwingungen die Kirchhoff-Thomsonsche Formel, die aussagt, daß die Schwingungsdauer eines Kreises $= 2\pi \cdot \sqrt{\text{Kapazität} \times \text{Selbstinduktion}}$ ist. Auch in anderen Gebieten der Physik gibt es Gesetze, die dadurch von ähnlicher Wichtigkeit sind, daß sie eine große Zahl von Erscheinungen umfassen und daher häufig angewandt werden. Im physikalischen Unterricht müssen besonders diese wichtigeren Naturgesetze experimentell und auch theoretisch gut fundiert werden. Die Bedeutung der Kirchhoffschen Formel ist in den letzten Jahren dadurch stark gestiegen, daß der Rundfunk und das Experimentieren mit elektrischen Schwingungen von vielen Schülern eifrig gepflegt wird. Wie steht es mit ihrer theoretischen Herleitung und dem experimentellen Nachweis ihrer Richtigkeit?

I. Theoretische Herleitung.

a) Für diese bieten sich zwei Wege; der erste ist der, den in den fünfziger Jahren des 19. Jahrhunderts Kirchhoff und Thomson unabhängig voneinander gegangen sind. Ein Kondensator von der Kapazität C (in Farad gemessen) wird durch eine Spule mit dem Ohmschen Widerstand R (Ohm) und dem Selbstinduktionskoeffizienten L (Henry) — ohne Funkenstrecke — entladen. In Fig. 1 ist der Widerstand R der Spule besonders gezeichnet worden; diese Darstellung ist für den Schüler besser verständlich. In einem Zeitmoment sei die Spannung am Kondensator v (Volt) und die Stromstärke in der Spule i (Ampere). Um diesen Strom durch die Leitung zu treiben, muß v erstens die E. M. K. der Selbstinduktion der Spule $v_1 = L \cdot \frac{di}{dt}$ und zweitens den Ohmschen Widerstand — dazu ist eine Spannung $v_2 = i\,R$ erforderlich — überwinden, also:

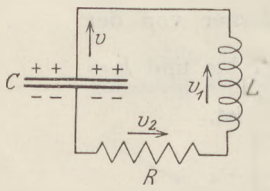


Fig. 1.

$$v = v_1 + v_2$$

$$v = L \cdot \frac{di}{dt} + i \cdot R \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Gemäß der Definition der Kapazität gilt die Beziehung

$$C = \frac{i \cdot dt}{dV}$$

oder $i = C \frac{dV}{dt}$, d. i. die auf die Sekunde berechnete Elektrizitätsmenge, die den Kondensator verläßt und die Spule durchströmt. Da dabei die Spannung am Kondensator abnimmt, muß es heißen

$$i = -C \cdot \frac{dV}{dt} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

[1]) Nach einem auf dem Naturforschertag in Innsbruck im September 1924 gehaltenen Vortrag.

Setzt man diesen Wert in (1) ein, dann erhält man

$$\frac{d^2V}{dt^2} + \frac{R}{L} \cdot \frac{dV}{dt} + \frac{V}{L \cdot C} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Die Auflösung der Gleichung läßt sich in Prima ohne Schwierigkeit durchführen, zumal wenn man in der Klasse auch den mathematischen Unterricht hat. Um Raum zu sparen, soll die Integration hier nicht ausgeführt werden; man findet sie in manchen Lehrbüchern[1]). Die Lösung lautet

$$v = v_0 \cdot e^{-\frac{R}{2L} \cdot t} \cdot \sin \frac{t}{\sqrt{L \cdot C}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Der erste Faktor ist maßgebend für das Abklingen der Schwingungen — der Dämpfungsfaktor und das logarithmische Dekrement $\lambda = \pi \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$ läßt sich leicht daraus berechnen. Die Periode T der Schwingungen ist dadurch bestimmt, daß der Sinus wieder den gleichen Wert annimmt, wenn sein Argument um 2π zugenommen hat. Daraus ergibt sich für die Schwingungsdauer

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

die Kirchhoff-Thomsonsche Formel.

b) Will man auf dem zweiten Wege zur Formel gelangen, dann ist Voraussetzung, daß man den Wechselstrom (induktiver, kapazitiver Widerstand, Phasenverschiebung usw.) und die Darstellung der Wechselstromvorgänge durch umlaufende Vektoren eingehend besprochen hat[2]). Auch dieser Weg soll, da geeignete Lehrbücher alles Erforderliche enthalten, nur skizziert werden.

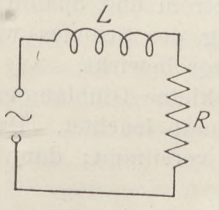


Fig. 2.

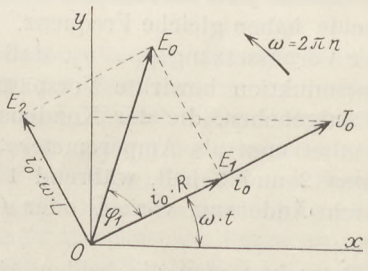


Fig. 3.

Eine Wechselstrommaschine von der Frequenz n ($2\pi n = \omega$) treibt durch einen aus Ohmschem Widerstand R_1 und einer Spule mit der Selbstinduktion L zusammengesetzten Kreis (Fig. 2) den Strom $i = i_0 \cdot \sin \omega t$. In dem rechtwinkligen Koordinatensystem (Fig. 3) stellt der Vektor OJ_0 die Scheitelstromstärke i_0 dar; dreht sich der Vektor mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega = 2\pi n$ um O, so daß er nach t Sekunden den Winkel ωt mit der x-Achse bildet, dann stellt seine Projektion auf die Ordinatenachse jeweils die Momentstromstärke $i = i_0 \cdot \sin \omega t$ dar. Um diesen Strom zu treiben, ist zur Überwindung des Ohmschen Widerstandes R_1 eine E. M. K. nötig, die in Phase mit dem Strom ist und deren Scheitelgröße durch den umlaufenden Vektor $OE_1 = i_0 \cdot R_1$ dargestellt wird; seine Projektion auf die y-Achse gibt wieder die Momentwerte. Zur Überwindung der Selbstinduktion L ist eine um 90^0 voraneilende E. M. K. nötig, deren Momentangröße durch Rotation des Vektors $OE_2 = i_0 \cdot \omega \cdot L$ dargestellt wird. Die Zusammensetzung beider Vektoren nach dem Parallelogrammsatz ergibt als Diagonale die Gesamt-E. M. K. OE_0. Diese Scheitelspannung muß die Maschine liefern, damit in der Leitung der Strom $i = i_0 \cdot \sin \omega t$ fließt. (Aus dem rechtwinkligen Dreieck OE_0E_1 läßt sich ihr Wert berechnen, er interessiert uns hier nicht.) Der Stromvektor i_0 ist um den Phasenwinkel φ_1 nach rückwärts gegen den Spannungsvektor verschoben, der Strom hinkt hinter der Spannung her.

[1]) z. B. Starke: Experimentelle Elektrizitätslehre, 2. Aufl. 1910, S. 354 u. f. und Nernst-Schönflies: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 9. Aufl. 1919, S. 336; ein sehr empfehlenswertes Buch!

[2]) Vgl. z. B. Starke: Experimentelle Elektrizitätslehre. 2. Aufl., S. 292 u. f.

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{E_0 E_1}{O E_1} = \frac{O E_2}{O E_1} = \frac{i_0 \cdot L \cdot \omega}{i_0 \cdot R_1} = \frac{L \cdot \omega}{R_1}.$$

Man läßt nun die Wechselstrommaschine auf einen zweiten Stromkreis, bestehend aus einem Kondensator von der Kapazität C, vor den der Ohmsche Widerstand R_2 geschaltet ist, arbeiten und findet durch eine ganz ähnliche Betrachtung, daß jetzt der Stromvektor i_0 der Spannung um den Winkel φ_2 vorauseilt; es ist

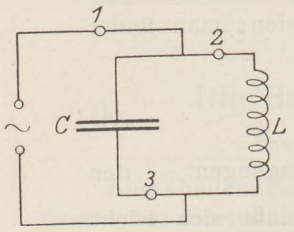


Fig. 4.

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{1}{R_2 \cdot C \cdot \omega}.$$

Jetzt läßt man die Maschine auf einen Schwingungskreis arbeiten (Fig. 4), der durch Parallelschalten der beiden oben geschilderten Stromkreise entstanden ist, und sorgt durch geeignete Wahl von Selbstinduktion und Kondensator dafür, daß $\varphi_1 = \varphi_2$ oder $\frac{L \cdot \omega}{R_1} = \frac{1}{R_2 \cdot C \omega}$ wird. Nimmt man eine dickdrähtige Spule und Zuleitungen von kleinem Widerstand, dann sind R_1 und R_2 klein und annähernd gleich.

$$\omega^2 = \frac{1}{C \cdot L} = 4\pi^2 \cdot n^2$$

$$\frac{1}{n} = T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}.$$

Es besteht jetzt Resonanz zwischen dem Wechselstrom und dem Schwingungskreis; beide haben gleiche Frequenz. Die Betrachtung des Vektorendiagramms ergibt unter der Voraussetzung $\varphi_1 = \varphi_2$, daß Strom und Spannung in Phase sind; die durch die Selbstinduktion bewirkte Verspätung des Stromes wird nämlich durch die Verfrühung aufgehoben, die der Kondensator bewirkt.

Schaltet man als Amperemeter 3 kleine Glühlampen 1, 2 und 3 (Fig. 4) ein[1]), so leuchten 2 und 3 hell, während 1 matt leuchtet. Das ändert sich sofort, wenn man durch Änderung von L oder C verstimmt; dann ist nämlich φ_1 nicht mehr gleich φ_2.

c) Betrachtet man die beiden Ableitungen in bezug auf ihre Brauchbarkeit im Unterricht, dann wird man der ersten den Vorzug geben; sie liefert nicht nur die Formel für die Schwingungsdauer, sondern die Momentanspannung als Sinusfunktion der Zeit, ferner gibt sie Aufschluß über die Dämpfung. Man würde sich schon eher für den zweiten Weg entschließen, wenn es möglich wäre, die einzelnen Etappen der Ableitung experimentell zu verfolgen. Wenn es auch keine Schwierigkeiten[2]) macht, die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung bei kapazitiver bzw. induktiver Belastung eines Wechselstromkreises zu zeigen, so wird es im Unterricht kaum möglich sein, die Phasenwinkel φ_1 und φ_2 zu messen und ihre Gleichheit festzustellen.

d) Wesentlich weniger zeitraubend ist es, wenn man auf eine Ableitung ganz verzichtet und nur die Richtigkeit der Formel experimentell nachweist. Überlegt man mit den Schülern, von welchen Faktoren die Schwingungsdauer des Kreises wohl abhängt, dann werden sie angeben, daß T eine Funktion von L, C und R sein wird. Weist man nun darauf hin, daß T bei elastischen und Pendelschwingungen durch die Reibung, die wie der Ohmsche Widerstand Energie schluckt, nicht merklich vergrößert wird, dann erscheint es den Schülern plausibel, daß auch hier T durch R nicht beeinflußt wird. Besteht Klarheit darüber, daß eine Spule mit Selbstinduktion dem Strom Trägheit verleiht (Scheinwiderstand im Gegensatz zum energieverzehrenden Ohmschen Wirkwiderstand), so ist es wahrscheinlich, daß eine Vergrößerung

[1]) Beschreibung der Versuche in dieser Zeitschrift 27 (1914), S. 275.
[2]) z. B. diese Zeitschrift 27 (1914), S. 274 und 37 (1924), S. 114.

von L auch T wachsen läßt. Ein großer Kondensator wird langsamer vollaufen als ein kleiner; dies macht wahrscheinlich, daß mit wachsendem C T größer wird. — Vielfach wird die Formel $T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$ in Parallele gestellt mit der für elastische Schwingungen $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K}}$, wo m die an der Feder hängende Masse und K die Kraftkonstante der Feder bedeutet. Die Analogie zwischen L und m ist überzeugend, während sie für $\frac{1}{C}$ und K für den Schüler kaum einleuchtend ist. — Daß der Exponent von C und L in der Formel $\frac{1}{2}$ ist, läßt sich natürlich durch Überlegungen nicht erschließen. Ich halte solche auf Überlegungen beruhenden Vermutungen über die Rolle der einzelnen Variabeln (namentlich die Frage: proportional oder umgekehrt proportioneil?) für lehrreich und wertvoll.

II. Experimentelle Bestätigung.

e) Die Richtigkeit der Formel wird meistens dadurch erwiesen, daß man einen von zwei gekoppelten und aufeinander abgestimmten Schwingungskreisen durch Veränderung seiner Kapazität C_1 oder seiner Selbstinduktion L_1 verstimmt und nun zeigt, daß der zweite Kreis wieder maximal mitschwingt, wenn sein C_2 und L_2 in entsprechender Weise verändert sind, so daß $T_1 = T_2$ oder $L_1 \cdot C_1 = L_2 \cdot C_2$ ist (Versuche von Lodge, Tesla, Seibt u. a. m.). Eine Messung der Schwingungsdauer ist hierbei nicht möglich, ferner kann man nicht zeigen, daß $L \cdot C$ unter der Wurzel steht.

Die Verwendung des Schleifenoszillographen[1]) hat den Vorteil, daß der Schüler die abklingende Sinusschwingung groß und deutlich auf dem Schirm vor Augen hat; aber die Handhabung des Apparates ist nicht ganz einfach, ferner ist man auf langsame Schwingungen beschränkt (mir ist es nicht gelungen, erheblich über 100 Schwingungen pro Sekunde hinauszukommen, da in dieser Gegend die Eigenfrequenz meiner Oszillographenschleife liegt), man muß daher Spulen mit großer Selbstinduktion und damit hohem Ohmschen Widerstand nehmen; die Folge ist eine starke Dämpfung, so daß man nur wenige Schwingungen erhält. Weiter ist es sehr schwierig, T zu messen. Legt man unter Benutzung eines Transformators einen Gehrckeschen Glimmlichtoszillographen[2]) in den Schwingungskreis, so kann man im rotierenden Spiegel wesentlich schnellere Schwingungen und ihr Abklingen sehr schön beobachten, jedoch ist eine Messung der Frequenz und eine quantitative Bestätigung der Kirchhoffschen Formel auch hiermit nicht möglich.

f) Im folgenden soll eine einfache Methode geschildert werden, die gestattet, mit einem Glimmlampenoszillographen im Unterricht die Frequenz von Schwingungskreisen bis 2000 pro Sekunde mit hinreichender Genauigkeit in kurzer Zeit zu messen. Das Prinzip ist das folgende: Ein durch einen Motor angetriebener rotierender Schalter lädt und entlädt bei jeder Umdrehung einen Kondensator; die Entladung erfolgt durch eine Spule und die Primärwicklung eines Transformators. An dessen Sekundärseite ist eine Glimmlampe angeschlossen, die an einem etwa 50 cm langen horizontalen Arm sitzend mit dem rotierenden Schalter fest verbunden umläuft. Die Lampe wird von einem Pappzylinder überdeckt, der vorn mit einem Spalt versehen ist. Beobachtet man diesen an der Stelle seiner Kreisbahn, an der die Entladung erfolgt, dann sieht man nach (neben) einander die obere und die untere Hälfte des Spaltes in Rosalicht aufleuchten, also das Oszillogramm der Entladung.

[1]) Diese Zeitschrift 27 (1914), S. 264 und 32 (1919), S. 152.
[2]) Diese Zeitschrift 14 (1906), S. 141.

Biblioteka W.S.P. w Gdańsku
Uniwersytetu Gdańskiego Biblioteka

Den Glimmlampenoszillographen[1]) zeigen Fig. 5a, b und c, die nur weniger Worte der Erläuterung bedürfen. An der vertikalen Achse, die durch Riemenscheibe R und Schnur mit dem seitlich stehenden Elektromotor oder der Schwungmaschine verbunden ist, sitzt eine Hartgummischeibe ($2r$ etwa 10 cm); an ihrem Rande ist ein Messingblech S (schraffiert) eingelassen, das mit der Achse leitend verbunden ist. Ist S mit dem Schleifkontakt A in Berührung, dann wird dadurch die eine Belegung des Kondensators — die andere liegt dauernd an dem negativen Pol der Starkstromleitung — über Schleifkontakt B und Achse mit + 220 Volt verbunden und der

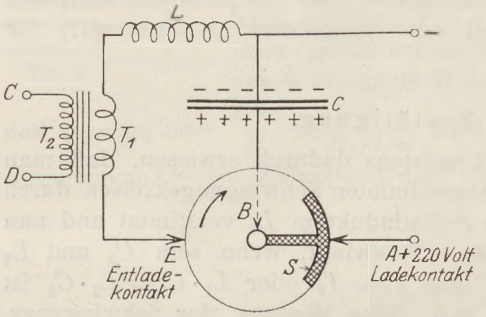


Fig. 5a.

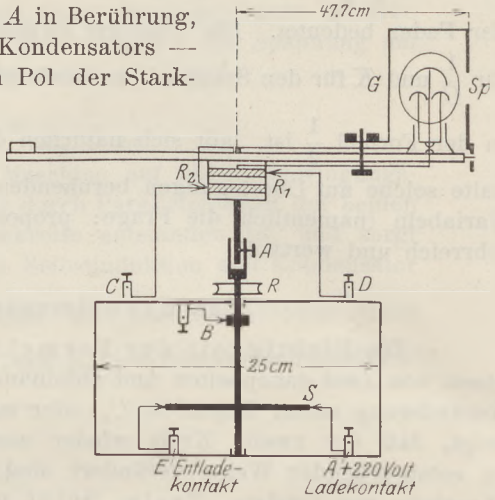


Fig. 5b.

Kondensator aufgeladen. Nach Drehung um 180° ist S mit Schleifkontakt E in Berührung und die Entladung erfolgt über die Spule L und die Primärseite T_1 des Transformators. Dessen Sekundärspule ist mit den Klemmen C und D verbunden, die zu zwei Federn führen, die auf zwei auf einem Hartgummizylinder angebrachten Metallringen R_1 und R_2 schleifen; an diese sind zwei Drähte gelötet, die nach rechts zur Fassung der Glimmlampe G (Fig. 5b und c) führen. Diese sitzt in einem abnehmbaren Pappzylinder, der rechts und neuerdings auch links (in Richtung des Radius) mit einem 4 cm langen und 0,4 cm breiten Spalt Sp versehen ist, an einem Holzarm, dessen Länge von der Achse bis zum Spalt 47,7 cm beträgt, so daß die Kreisbahn des Spaltes gerade 300 cm lang ist. Der linke gleich lange Arm trägt ein passendes Gegengewicht.

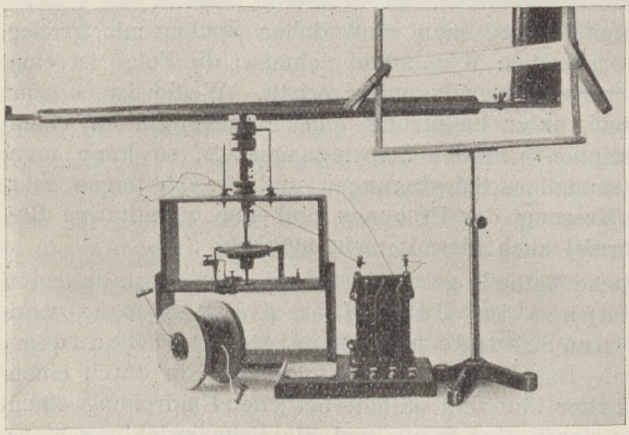


Fig. 5c.

Als Glimmlampe G verwende ich eine gewöhnliche Wechselstromlampe der Osramgesellschaft für 110 Volt mit übereinandersitzenden halbkugelförmigen Elektroden. Leider kann man die Lampe nicht ohne Transformator direkt in den Schwingungskreis schalten, da ihr hoher Widerstand keine Schwingung zustande kommen läßt. Die Schwingungen lassen sich übrigens auch sehr gut beobachten,

[1]) Ähnliche Schalter sind mehrfach benutzt worden, z. B. diese Zeitschrift 19 (1906), S. 141. Der Oszillograph ist in unserer eigenen Werkstatt angefertigt; er wird mit Zubehör von der Firma A. Krüß, Optisch-mechanische Werkstätten in Hamburg, geliefert.

wenn man mit 110 Volt auflädt; nur erlöschen sie schneller. Es ist erstaunlich, wie stabil die Lampen gebaut sind, hat doch meine Lampe in zahlreichen Versuchen Lineargeschwindigkeiten bis zu 8 m/sek. ausgehalten, ohne daß dabei die Elektroden sich merklich verbogen haben. Die Osramgesellschaft bringt für Reklamezwecke sogenannte Buchstabenglimmlampen in den Handel, von denen das lateinische I — ein schmales Rechteck — mir besonders geeignet erschien. Doch haben mich die Versuche bei weitem nicht so befriedigt wie mit der Lampe mit Spalt.

Für den Transformator $T_1\,T_2$ wie für sämtliche anderen Spulen ist ausschlaggebend, daß der Ohmsche Widerstand möglichst klein ist, damit die Dämpfung klein bleibt (vgl. Formel 4) und man zahlreiche Schwingungen erhält. Ich benutze einen aus einer Flugzeugfunkstation ausgebauten (Fig. 5c Mitte rechts), dessen T_1 0,7 Ω Widerstand hat. Benutzt man die beiden mittleren der vier am Grundbrett angebrachten Klemmen, dann hat der im Schwingungskreis liegende Teil der Primärspule nur 0,1 Ω Widerstand; die Selbstinduktion ist trotz des Eisenkerns sehr klein, da der Transformator auf der Sekundärseite durch die Glimmlampe geschlossen ist. Die Sekundärspule ($R \sim 600\,\Omega$) erhöht die Spannung auf etwa das 30fache.

Als Kapazität dienen Telephonkondensatoren (Papierisolation, bis etwa 300 Volt Festigkeit). Unsere Schule hat bei günstiger Gelegenheit reichlich 100 μF billig gekauft, die in Einheiten zu 5—12 μ F unterteilt sind. Nach meinen Erfahrungen kann man mit 7 μ F und geeigneter Selbstinduktion (siehe unten) die Schwingungen noch gut auflösen und die Frequenz messen. Doch ist es angenehm, wenn man etwa 20 μ F hat.

g) Für die Spule, die man als Selbstinduktivität in den Schwingungskreis legt, ist es wesentlich, daß sie bei hoher Selbstinduktion einen niedrigen Ohmschen Widerstand hat, damit der Dämpfungsfaktor $e^{-\frac{R}{2L} \cdot t}$ (Gleichung 4) nicht zu schnell mit der Zeit zunimmt. Für die in den Tabellen unten mitgeteilten Versuche habe ich folgende Spulen verwendet: 1. Eine Selbstinduktionsnormale von 0,1 Henry und 17 Ω (Tabelle 1, Nr. 1 und 2). 2. Eine Spule[1]), die etwa 150 m Kupferdraht von 1,2 mm Durchmesser in etwa 16 Lagen enthält und rund 1 Ω Widerstand besitzt; in das Innere kann ein unterteilter Eisenkern geschoben werden (Tabelle 1, Nr. 3, 4 und 6). 3. Drei Spulen, die wir selbst aus je 20 m Kupferdraht von 1,6 mm Durchmesser mit je 0,4 Ω Widerstand gewickelt haben, siehe Fig. 5c links. Die Selbstinduktivität[2]) pro Spule beträgt 0,0020 H, für drei hintereinander 0,0062 H.

h) Was die Ausführung der Versuche betrifft, so zeigt man zunächst, daß bei Anlegen von 110 Volt-Gleichspannung diejenige Elektrode der Glimmlampe sich mit der rötlichen Lichthaut überzieht, die negativ ist. Nach Herstellung der in Fig. 5a skizzierten Schaltung dreht man den Holzarm zunächst langsam mit der Hand herum, dann leuchten beide Elektroden (der ganze Spalt) in dem Augenblick auf, wo S mit dem Entladekontakt E (Fig. 5) in Berührung kommt. Nach Lösen der Schraube A dreht man den Lampenarm so, daß er in diesem Augenblick auf die Schüler zeigt. Läßt man jetzt den Schalter mittels des Motors schneller rotieren, dann sehen die Schüler ein feststehendes Oszillogramm, wie es in Fig. 6 in 1/3 natürlicher Größe skizziert ist. Dasselbe ist bei ganz mäßiger Verdunkelung auch aus der Ferne gut zu sehen. Als Spule dient die unter g) 2. angegebene von den Phy-We, und zwar mit Eisenkern. Man kann 9 volle Schwingungen beobachten.

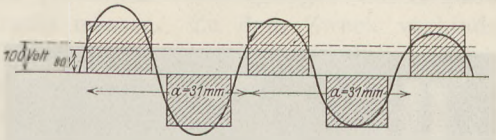


Fig. 6.

[1]) Sie ist von den Phy-We Göttingen zur Demonstration der singenden Bogenlampe geliefert.
[2]) Gemessen vom elektrischen Prüfamt in Hamburg. Spule 1 0,00201 H, Spule 2 0,00211 H, Spule 3 0,00211 H.

Die Frequenz der Schwingungen läßt sich leicht bestimmen. In der Zeit, in welcher der Spalt am Lampenarm die Strecke a (Fig. 6) zurücklegt, führt der Schwingungskreis eine ganze Schwingung aus. Zur Messung von a benutzt man eine Millimeterskala, die auf einen etwa 20 cm langen Blechstreifen geklebt ist, der so gebogen ist, daß sein Krümmungsradius 48,5 cm ist (Länge des Lampenarmes 47,7 cm). Die Skala, welche mittels zweier Klammern an einem Holzrahmen in der richtigen Höhe befestigt wird (siehe Fig. 5c), wird nun so dicht an den Spalt herangeschoben, daß dieser sich in einem Abstand von einigen Millimetern gerade an ihr vorbeibewegen kann. Man kann dann leicht die Länge von 10, 6, 4 oder 3 a (Fig. 6) in Millimetern ablesen und aus mehreren Ablesungen einen Mittelwert finden. In Tabelle 1 sind mehrere Messungen mitgeteilt.

Tabelle 1.

	C	Spule	L	R	Drehzahl d pro Minute	a	n beobachtet	n berechnet	Es werden volle Schwingungen beobachtet
1.	46 μ F	Selbstinduktionsnormale	0,1 H	17 + 0,1 Ω	91	36 mm	79[1])	74	$1^1/_2$
2.	24 μ F	„	0,1 H	17 + 0,1 Ω	93	28 „	104[1])	103	$1^1/_2$
3.	24 μ F	Spule mit Kern		1 + 0,1 Ω	124	31,2 „	199		9
4.	24 μ F	Phy-We ohne Kern		1 + 0,1 Ω	124	9,2 „	674		11
5.	24 μ F	Teil der Phy-We-Spule ohne Kern		0,26 + 0,1 Ω	152	3,8 „	2000		6
6.	12 μ F	1 Spule s. Fig. 5c	0,00201 H	0,4 + 0,1 Ω	129	6,13 „	1052	1025	15

Bildet man den Quotienten $\frac{n \text{ beobachtet}}{n \text{ berechnet}} \times 100$, dann ergibt sich für die Versuche 1, 2 und 6: 107, 101 und 103.

Durch einfaches Auszählen bestimmt man, wieviel Drehungen d der Lampenarm pro Minute macht; z. B. in Reihe 3 der Tabelle ist $d = 124$, d. h. eine Drehung dauert $\frac{60}{124}$ Sekunden; da in dieser Zeit der Spalt 3000 mm zurücklegt, braucht er für 31,2 mm $\frac{60 \cdot 31{,}2}{3000 \cdot 124}$ Sekunden. Die Frequenz n (beobachtet) beträgt demnach $\frac{3000 \cdot 124}{60 \cdot 31{,}2} = 199$ Schwingungen pro Sekunde.

Zieht man den Eisenkern aus der Spule heraus, dann sieht man sehr schön, wie das Oszillogramm allmählich schmäler wird (ebenso wirkt ein Verkleinern der Kapazität). Versuch 4 zeigt, daß die Frequenz der eisenfreien Spule 674 ist (die Selbstinduktion der Spule mit Kern ist also rund zwölfmal so groß).

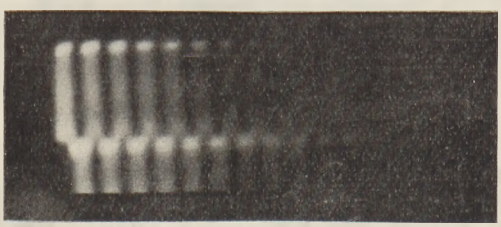


Fig. 7.

Die nächste Vertikalspalte der Tabelle zeigt die nach der Kirchhoffschen Formel aus L in Henry und C in Farad (1 F = 10^6 μF) errechnete Frequenz. Die Übereinstimmung ist hinreichend und erweist die Richtigkeit der Formel.

Fig. 7 zeigt eine photographische Aufnahme eines Oszillogramms mit einem lichtstarken kurzbrennweitigen Objektiv von Versuch 6 etwa auf $^1/_3$ verkleinert. Da das

[1]) Bei Versuch 1 und 2 betrug die Länge des Lampenarms nur 30 cm.

Neonspektrum arm an photographisch wirksamen Strahlen ist, so mußte, obgleich das Oszillogramm selber hell und deutlich zu sehen ist, $^3/_4$ Stunden belichtet werden. Trotzdem sind nur etwa 10 Spaltbilder (oben) abgebildet; daß diese am oberen Ende heller sind, hat seinen Grund darin, daß hier die Elektroden der Lampe nach der Horizontalen umbiegen und daher die Glimmlichtschicht dicker ist. — Zu Fig. 6 ist noch folgendes zu bemerken: Die Spannungskurve der gedämpften Schwingung ist (der Einfachheit halber in linearem Abfall) hineingezeichnet, ferner als zwei horizontale Geraden die Zünd- und die Minimalspannung der Glimmlampe, die bei 100 Volt zündet und bei 80 Volt wieder erlischt. Man ersieht aus der Skizze, wann das Leuchten der Lampe ein- und aussetzt und wie a zu messen ist.

i) Tabelle 2 und 3 zeigen, wie man im einzelnen die Abhängigkeit der Frequenz von L und C untersuchen kann.

Tabelle 2.

$n = \frac{1}{T} = f(C)$, L konstant.

	C	$5\,a$	$\frac{(5\,a)^2}{C}$
1.	46 μ F	6,2 cm	84
2.	34 μ F	5,5 „	89
3.	24 μ F	4,6 „	88
4.	12 μ F	3,3 „	91

Tabelle 3.

$n = \frac{1}{T} = f(L)$, $C = 24\,\mu$ F. $d = 126$/Min.

	L	a	$\frac{a^2}{L}$
1.	1 Spule	8,4 mm	70,6 : 1 = 70,6
2.	2 Spulen	11,9 „	141,6 : 2 = 70,8
3.	3 Spulen	14,7 „	216,1 : 3 = 72,0

Die Selbstinduktion ist bei allen 4 Versuchen (Tabelle 2) konstant (2 Spulen), ebenso die Drehzahl d; a ist proportional der Schwingungsdauer $T = \frac{1}{n}$. Nach der Kirchhoffschen Formel muß $\frac{T^2}{C}$ = konstant sein. Man sieht, daß $\frac{(5\,a)^2}{C}$ leidlich konstant ist.

Bei den Versuchen in Tabelle 3 werden die Spulen hintereinander geschaltet und dadurch die Selbstinduktion auf den Wert 1, 2 und 3 gebracht; auch hier ist die Konstanz von $\frac{a^2}{L}$ befriedigend.

Entfernt man nach Lösen der Schraube A (Fig. 5b und c) den Lampenarm, dann kann man auf dem rotierenden Schalter einen Würfelspiegel befestigen. Wegen der viel geringeren zentrifugalen Trägheitswiderstände kann man jetzt den Schalter wesentlich schneller laufen lassen und noch schnellere Schwingungen durch Beobachtung im Spiegel auflösen, wenn auch nicht messen. Zu dem Zweck verbindet man die Klemmen der Sekundärspule des Transformators mit der seitlich vom Drehspiegel aufgestellten, durch Papphülle mit Spalt verdeckten Glimmlampe (statt dessen kann man auch eine Lettern- [Buchstabe *i*] oder eine Schriftlampe — letztere hat eine große rechteckige [3×15 cm^2] Elektrode — nehmen). Es gelingt mir auf diese Weise Schwingungen mit der Frequenz reichlich 5000 pro Sekunde ($C = 0{,}5\,\mu$ F, L 1 Spule Fig. 5c) aufzulösen.

Weiter läßt sich die Frequenz eines Wechselstromes mit dem Apparat — mit Lampenarm — bestimmen. Man führt den Wechselstrom den Klemmen C und D direkt ohne Transformator zu und sieht, wenn der Lampenarm rotiert, ein Oszillogramm wie oben, nur ungedämpft. Regelt man die Tourenzahl des Motors, dann steht es still; aus a und der Drehzahl d errechnet sich wie oben die Frequenz.

Weitere Strahlspulenversuche zur Demonstration elektrischer Schwingungen.

Von W. Möller in Neustettin.

Meinem Aufsatz über selbstgefertigte Geräte zur Demonstration elektrischer Schwingungen in dieser Zeitschrift 36 (1923), S. 233, hat L. Bergmann in Jahrg. 37 (1924), S. 115, aus seinen eigenen Erfahrungen einige Versuche hinzugefügt.

Beide Arbeiten werden der Überzeugung Bahn gebrochen haben, daß tatsächlich die so leicht selbst herzustellenden Strahlspulen ein bequemes und einfaches Demonstrationsmittel für den Unterricht in der Funkentelegraphie sind.

In meinem Aufsatz habe ich ausgeführt, wie man das Wesen des Braunschen Sender- und Empfängerkreises durch entsprechende Spulenversuche leicht veranschaulichen kann. Damit sind jedoch die Anwendungsmöglichkeiten noch nicht abgeschlossen.

In der Weiterentwicklung der Funkentelegraphie wird zunächst die Braunsche Schaltung — Koppelung des geschlossenen Schwingungskreises mit dem offenen Antennenkreis — im wesentlichen beibehalten. Die Verbesserungen setzen bei der Art der Schwingungserzeugung ein. Der Knallfunkenstrecke, die zuerst die hochfrequenten Schwingungen erzeugte, haftet ein großer Fehler an. Sie bedingt die Zweiwelligkeit des Senderkreises, die einerseits in dem allzu langen Nachklingen der Funkenentladung und anderseits in der Eigenart der Koppelung begründet ist,

Die Mehrwelligkeit des Strahlspulenkreises macht sich auch bei dem Versuch nach Fig. 4 auf S. 236 im Jahrg. 1923 dieser Zeitschrift bemerkbar. Das Strahlungsmaximum einer Spule drückt sich nicht scharf bei einer einzigen Windung auf der variablen Selbstinduktion des geschlossenen Schwingungskreises aus, sondern umfaßt ein Gebiet von mehreren Windungen.

Macht man auf diesen Fehler aufmerksam und will man weiter die historische Entwicklung der Funktechnik als richtungsbestimmend für den Gang des Unterrichtes annehmen, so käme als nächstes Kapitel die Verbesserung der Schwingungserzeugung

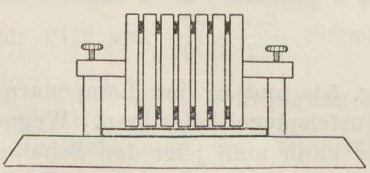


Fig. 1. Löschfunkenstrecke.

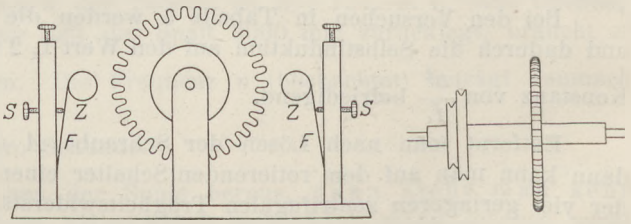


Fig. 2. Rotierende Funkenstrecke.

durch die Wiensche Löschfunkenstrecke oder durch Marconis rotierende Funkenstrecke in Frage. Der Selbstbau beider Arten von Funkenstrecken macht keine Schwierigkeiten. Eine Löschfunkenstrecke könnte z. B. aus sieben Scheiben aus möglichst starkem Zinkblech nach der in Fig. 1 angegebenen Art zusammengesetzt werden. Die Scheiben stehen auf einer Leiste aus Paraffin, Fiber oder anderem Isoliermaterial. Scheibendurchmesser 6—7 cm. Sie werden durch Glimmerringe voneinander getrennt.

Als Muster für eine rotierende Funkenstrecke dient die Fig. 2. Eine Zinkscheibe aus möglichst starkem Zink von etwa 10 cm Durchmesser rotiert zwischen zwei Zinkkugeln Z. Die Peripherie der Zinkscheibe wird in der in der Figur angedeuteten Art eingefeilt, sodaß stumpfe Zähne stehen bleiben. Um die Länge der Funkenstrecke bequem variieren zu können, sind die Zinkkugeln Z (1—1½ cm Durchm.) an den Federn F befestigt, die durch die Schrauben S beliebig nahe an das rotierende

Rad herangebracht werden können. Antrieb des zahnradartigen Rades durch Elektromotor. Montage des Ganzen auf einer Fiberplatte, die wieder auf einem anderen Grundbrett befestigt wird.

Wird nun die Knallfunkenstrecke des Versuches Fig. 4 S. 236 (1923) durch eine dieser Funkenstrecken [1]) ersetzt, so zeigen sich sofort zwei Vorteile. Die Abstimmung des Primärkreises auf den Strahlspulenkreis wird schärfer. Das Strahlungsmaximum wird kräftiger als bei der einfachen Knallfunkenstrecke und damit auch die Reichweite für die Anregung einer kongruenten Spule größer. Versuch nach den Fig. 5 und 6 meines oben genannten Aufsatzes.

Freilich auf den einen Vorteil, den man mit diesen neuen Funkenstrecken so gerne erreichen möchte, muß man leider verzichten. Einen richtigen reinen Ton beim Telephonieempfang nach der Schaltung der Fig. 3 kann man nicht erzielen. Und das hat seine Ursache in dem Induktor. Selbst bei dem besten Unterbrecher gibt kein Induktor so regelmäßige Schwingungen, daß ein reiner Ton entsteht. Reine Töne würde man erzielen, wenn man statt des Induktors eine kleine Sendermaschine verwenden könnte, die aber wahrscheinlich in den meisten Schullaboratorien fehlen wird.

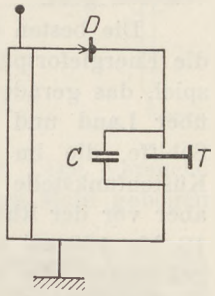


Fig. 3. Strahlspulenschaltung für Telephonieempfang mit Detektor.
D = Kristalldetektor.
C = Blockkondensator von 2000 cm.
T = Telephon.

Zur Erzeugung der hochfrequenten Schwingungen für die Strahlspulen kann man auch statt der Funkenstrecken Senderöhren anwenden. Man käme damit in die nächste Entwicklungsphase der Funktechnik. Einzelheiten über diese Art der Verwendung der Senderöhren sollen einer späteren Arbeit vorbehalten bleiben.

Um die einzelnen Strahlspulenversuche abwechselungsreicher zu machen und um anregende Gesichtspunkte von unmittelbar praktischer Bedeutung hierbei herauszuarbeiten, seien noch folgende Versuche genannt.

1. In dem Versuch der Fig. 5 und 6 S. 237 (1923) regt eine im Maximum strahlende Spule eine kongruente zum Mitschwingen an. Nachweis der Resonanz durch die Glimmlampe, also Lichtempfang. Man kann sehr leicht das Maximum der Reichweite feststellen, indem man die Empfangsspule so weit entfernt, daß die Glimmlampe gerade noch anspricht. Geht man über diese Maximalentfernung hinaus, so wird die von der Senderspule ankommende Energie so schwach, daß sie die mit der Empfangsspule verbundene Glimmlampe nicht mehr anzuregen imstande ist. Nach der Feststellung der maximalen Reichweite werden Sende- und Empfangsspulen mindestens in dreimal so großer Entfernung voneinander aufgestellt. Ohne weitere Hilfsmittel ist ein lichtstarker Empfang jetzt natürlich ausgeschlossen.

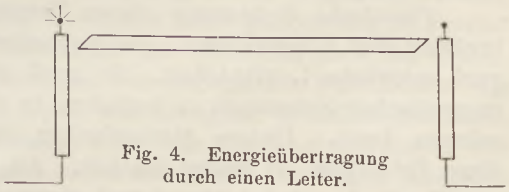


Fig. 4. Energieübertragung durch einen Leiter.

In den Raum zwischen beiden Spulen wird dann ein Blechstreifen oder ein Draht gebracht, der keine der beiden Spulen berühren darf, und auf den auch von der Senderspule keine Funken übergehen dürfen (vgl. Fig. 4). Arbeitet jetzt die Senderspule, so hat die Empfangsspule wieder einen lichtstarken Empfang. Der Blechstreifen oder der Draht zwischen beiden Spulen sollen bei Versuchen auf großen Entfernungen isoliert aufgestellt sein. Bei Erdschluß wird die Empfangslichtstärke etwas geringer. Der dazwischen geschaltete Leiter braucht nicht einmal auf geradem Wege an die Empfangsspule heranzuführen; der Versuch gelingt auch, wenn der Leiter gebogen ist. Ursache: Die elektrischen Wellen verlieren bei der Fortpflanzung über leitende Flächen hinweg oder an Leitern entlang außerordentlich wenig an ihrer Energie.

[1]) Bei den vom Verfasser ausgeführten Versuchen zeigte sich die rotierende Marconi-Funkenstrecke der Wienschen Löschfunkenstrecke noch überlegen.

Praktische Bedeutung dieses Versuches: In dem funktelegraphischen Verkehr zwischen den einzelnen Stationen hat sich gezeigt, daß die Art und die Form des Bodens, über den sich die Wellen fortpflanzen, einen großen Einfluß auf die Reichweite der elektrischen Wellen haben. Je größer die Leitfähigkeit des Bodens ist, desto besser gehen die Wellen darüber hinweg, indem hier nur eine geringe Menge ihrer Energie verzehrt wird. In schlecht leitendem Boden dringt die Wellenenergie mehr oder weniger tief ein, wobei dann ein erheblicher Teil von ihr durch Absorption verloren geht.

Die besten Gleitbahnen für die Wellen sind die Meeresflächen. Ungünstig für die Energiefortpflanzung sind bewaldete und gebirgige Landflächen. Hierzu ein Beispiel, das gerade dadurch lehrreich und interessant ist, daß die Energiefortpflanzung über Land und über Wasser unmittelbar nebeneinander verglichen werden kann. Schiffe, die im Mittelmeer in der West-Ost-Richtung fahren, hören die deutsche Küstenfunkstelle Norddeich im allgemeinen in genügender Lautstärke. Sobald sie aber vor der Rhonemündung vorbeifahren, werden die Zeichen Norddeichs auf einmal 10 bis 100mal lautstärker. Sie sind eben hier in den Bereich derjenigen Wellen gekommen, die sich über die guten Gleitbahnen der Maas und Rhone hinweg fortgepflanzt haben. Sobald die Bordstationen über dieses Gebiet des günstigen Empfangs hinüber sind, werden die Zeichen Norddeichs wieder lautschwächer.

Im Anschluß an diesen Versuch kann ferner noch erwähnt werden, daß in den beiden deutschen Empfangsstationen für den Empfang von Übersee, in Geltow bei Potsdam und in Hagen nordöstlich von Hannover, die Empfangslautstärke von Amerika keineswegs immer gleichmäßig gut und ausreichend war. Darum wurden Versuche angestellt zur Klärung der Frage, wo in Deutschland der beste Amerikaempfang wäre. Nach den Ergebnissen dieser Versuche entschied sich die deutsche Transradio-A.-G. für die Errichtung einer neuen deutschen Empfangsstation in Westerland auf Sylt, weil hier an der Meeresküste die beste Lautstärke für den Empfang aus Amerika zu erreichen war.

2. Sender- und Empfangsspule stehen in der ohne Hilfsmittel zu erzielenden Reichweite einander gegenüber. Vor die Empfangsspule wird eine größere Blechplatte gehalten. Die Glimmlampe spricht nicht an. Ursache: Durch Leiter gehen die elektrischen Wellen nicht hindurch. Hinter der Blechplatte befindet sich ein elektromagnetischer Schatten.

Praktische Bedeutung dieses Versuches: Wie beeinflussen Gebirge die Ausbreitung der Ätherwellen? Die Baumassen der Gebirge haben meistens eine, wenn auch schwache Leitfähigkeit. So muß sich auch hinter jedem Gebirge ein elektromagnetischer Schattenraum befinden, in dem keine Empfangsstation ein Zeichen aufnehmen kann. Unsere Marinefunker, die den Krieg mitgemacht haben, konnten diese Erfahrung oft genug machen. An bestimmten Stellen, z. B. an der Westküste von England und Schottland und ebenso auch an einigen Stellen der spanisch-portugisischen Küste hatten sie absolut keine Möglichkeit, die Zeichen unserer deutschen Stationen aufzunehmen. Sie befanden sich in einer „Zone des Schweigens", in dem Schatten der betr. Gebirge, wo ihre Bordstationen eben nichts hören konnten.

3. In einem dritten Strahlspulenversuche soll die leitungsgerichtete Drahtwellentelegraphie bzw. -telephonie veranschaulicht werden. Diese spielt u. a. in der Praxis bei den Überlandzentralen eine große Rolle, wenn es z. B. darauf ankommt, irgendwelche Schaltkommandos von einem Kraftwerk an ein Unterwerk zu geben.

In der leitungsgerichteten Drahtwellentelegraphie werden bereits vorhandene Leitungen dazu benutzt, elektrische Wellen von einem Sender zum Empfänger zu führen. Dr. A. Wasmus-Hamburg schlägt für dieses Verfahren, wo es sich also darum handelt, die Wellen einer Sendestation in irgend eine Leitung, z. B. eine im Betriebe befindliche Hochspannungsleitung derart einzukoppeln, daß die Fort-

pflanzung der Wellen immer eng an die Leitung geknüpft ist, die Bezeichnung Leitfunk[1]) vor.

Um die Schüler in diesen Fragenkomplex einzuführen, habe ich einen Versuch ausgeführt, der große Ähnlichkeit mit dem Versuch 1 hat. Neu sind hier nur die Einkoppelung und Entkoppelung der Wellen an und von der Drahtleitung. Ich habe in meinen Versuchen eine induktive Koppelung benutzt. Ich bog, wie aus Fig. 5 ersichtlich, die beiden Enden eines etwa 10 m langen Drahtes zu einer Schleife, die in ungefähr 7 cm Entfernung zu Dreiviertel um die Sender- bzw. Empfangsspule herumgeführt wurde. Hinweis darauf, daß die Einkoppelung und Entkoppelung in der Praxis in solcher Weise zu erfolgen haben, daß die Hochspannungsleitung nicht zu einer Gefahr für die Beamten am Sender und Empfänger wird. Die Versuche gelangen auch dann, wenn der die Wellen führende Draht mehrere Male gebogen war, immer gut und sicher.

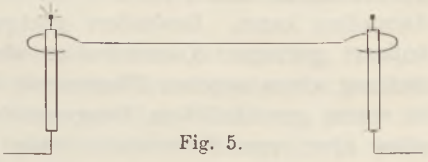


Fig. 5.

Legt man durch Abzweigungen von der führenden Leitung mehrere Schleifen und läßt mehrere Senderspulen mit verschiedener Welle auf den Draht arbeiten, so kann man mit entsprechend angeschlossenen Empfangsspulen auch die Mehrfachhochfrequenztelegraphie auf einer einzigen Leitung demonstrieren[2]).

Zum Schluß sei mir noch eine Bemerkung gestattet. Meine Ausführungen, in denen ich dauernd über Strahlspulen spreche, könnten den Eindruck erwecken, als wäre es meine Ansicht, den ganzen Unterricht über Funkentelegraphie immer wieder mit demselben, die Schüler bald langweilenden Strahlspulengerät zu geben. Ohne hier weiter auf Fragen der Unterrichtsmethodik einzugehen, nur kurz die Erklärung, daß ich diese Ansicht nicht vertrete.

Einfache Darstellung zweier lumineszenzfähiger (fluoreszenz- und phosphoreszenzfähiger) Präparate.

Von Dr. **Bernhard Batscha** in Olmütz.

Einleitend sei bemerkt, daß es sich um die Darstellung zweier Präparate handelt, die die Fähigkeit besitzen, nach der Erregung durch das Licht gleichzeitig zu fluoreszieren und zu phosphoreszieren. Die im Unterrichte zur Demonstration der Photolumineszenz verwendeten Stoffe, seien es Lösungen von organischen Substanzen, wie Chinin, Fluoreszein, Eosin usw., oder feste Körper, wie Uranglas, Erdalkaliphosphore, Sidotblende, lassen entweder nur die Fluoreszenz oder nur die Phorphoreszenz zur sichtbaren Wirkung kommen; das Experiment bleibt daher den wichtigen Nachweis von der Wesensgleichheit beider Erscheinungsformen schuldig. Man kann zwar während der Belichtung phosphoreszenzfähiger Körper, namentlich mit konzentriertem Lichte, Fluoreszenz beobachten, doch diese Erscheinung ist zu wenig in die Augen springend, besonders auf größere Entfernungen, als daß sie überzeugend wirken könnte. Ein experimenteller Beweis könnte eher durch den Fluorit erbracht werden; doch stehen hier wiederum andere Schwierigkeiten im Wege. Denn es sind nur gewisse Sorten des Minerals zum Versuche geeignet, und außerdem ist eine besondere

[1]) Auch im deutschen Unterhaltungsrundfunk spielt das Problem des Leitfunks gegenwärtig eine Rolle. Da es bisher in keiner Weise gelungen ist, die Luftstörungen vollständig zu beseitigen, so hat man bereits daran gedacht, die Wellen des Unterhaltungsrundfunks auf die Lichtleitung einzukoppeln, um sich auf diese Art von den Störungsquellen der Luft frei zu machen.

[2]) Die ersten Versuche über Mehrfachhochfrequenztelephonie wurden 1911 von Ruhmer in Berlin angestellt.

Art von Einstrahlung notwendig. (Siehe P. Pringsheim: *Fluoreszenz und Phosphoreszenz im Lichte der neueren Atomtheorie*, S. 152, Berlin: Julius Springer.).

Durch die in jüngster Zeit von E. Tiede entdeckten und leicht darstellbaren sogenannten Borsäurephosphore ist es möglich, dem angegebenen Ziele näherzukommen. Tiede fand (*Berichte d. deutsch. chem. Ges. 55, 588; 1922*), daß man durch Einbetten von verschiedenen aromatischen und heterozyklischen Verbindungen in geschmolzene und teilweise entwässerte Borsäure hochphosphoreszenzfähige Körper darstellen kann. Besonders geeignet ist hiezu das Fluoreszein, welches schon in äußerst geringer Konzentration den Phosphoreszenzeffekt hervorbringt. Die Darstellung eines solchen Fluoreszein-Borsäurephosphores ist sehr einfach. Es genügt, in einem gewöhnlichen Reagenzrohre oder in einem Schälchen reine Borsäure, mit einer Spur von Fluoreszein innig vermengt, allmählich zu erhitzen, bis die Masse zusammensintert. Schon nach Erregung durch diffuses Tageslicht entsteht sehr schöne Phosphoreszenz, die aber rasch abfällt, was der allgemeinen Regel entspricht, daß die hellsten Phosphore (phosphoreszenzfähige Körper) am raschesten abklingen. Wenngleich das Präparat in Form einer gesinterten Masse keine deutliche Fluoreszenz zeigt, so ist dennoch damit der Beweis erbracht, daß der nämliche Stoff, je nach Wahl des Lösungsmittels, in beide Erscheinungsformen der Photolumineszenz treten kann. Denn in wässeriger, alkalischer Lösung fluoresziert das Fluoreszein und in der festen Borsäurelösung phosphoresziert es. Allerdings bleibt dabei die Frage offen, ob nicht auch die chemische Natur des Lösungsmittels für den Lumineszenzeffekt von wesentlicher Bedeutung ist. Davon soll noch später die Rede sein,

Der Verfasser hat nun gefunden, daß man durch Einbetten von Fluoreszein in geschmolzene Weinsäure oder Zitronensäure Präparate erhält, die sich sowohl durch sehr lebhafte Fluoreszenz als auch durch Phosphoreszenz auszeichnen. Zunächst sei auf die Beobachtung des Eigenleuchtens der Weinsäure hingewiesen. Es wurde gefunden, daß kristallisierte Weinsäure, trotzdem das Präparat als „chemisch reinst“ bezogen wurde, nach dem Schmelzen und darauffolgendem Abkühlen auf Zimmertemperatur die Fähigkeit erlangt, nachzuleuchten, wenn sie kurze Zeit im Kohlenbogenlicht bestrahlt wird. Bei Borsäure wurde durch E. Tiede ebenfalls Nachleuchten beobachtet (*Berichte d. deutsch. chem. Ges. 53, 2214, 1920*) und festgestellt, daß dieses Phänomen durch Spuren beigemengter organischer Stoffe verursacht wird. Es hat sich ferner gezeigt, daß das Fluoreszein durch Einbettung in geschmolzene Weinsäure, ähnlich wie in Borsäure, in einen hochphosphoreszenzfähigen Zustand versetzt wird. Die Darstellung eines solchen Fluoreszein-Weinsäurephosphores ist wiederum sehr einfach. Einige Gramm chemisch reiner Weinsäure — je reiner, desto lebhafter der Effekt — werden mit einer Spur Fluoreszein innig vermengt. Es genügt ein Mengenverhältnis von etwa 1:5000. Das Gemenge wird im Glasrohre entweder im Glyzerinbade oder über freier Flamme zum Schmelzen erhitzt (Schmelzp. · P · 170°). Unter Schäumen schmilzt die Substanz allmählich zu einer klaren grünlichgelben Flüssigkeit mit bläulicher Fluoreszenz. Der Schmelzfluß wird hierauf durch Neigen und Drehen des Rohres in dünner Schicht verteilt und erstarren gelassen. Man erhält eine amorphe, glasige Masse, welche lebhaft fluoresziert; sie erscheint im durchfallenden Lichte grünlichgelb, im auffallenden bläulich. Es ist bemerkenswert, daß die Fluoreszenz bei der Abkühlung der Schmelze auf Zimmertemperatur an Intensität deutlich zunimmt, was wohl mit der molekularen Wärmebewegung in Zusammenhang zu bringen ist. Neben der Fluoreszenzfähigkeit besitzt dieses Präparat aber auch die Fähigkeit zu phosphoreszieren. Schon nach kurzer Belichtung im diffusen Tageslichte leuchtet es im Dunkeln mit sehr lebhaftem Lichte von grünlichblauer Färbung nach. Die Intensität fällt rasch ab und ist nach etwa 8—10 Sekunden geschwunden. Der Phosphoreszenzeffekt erfährt eine Steigerung durch Abkühlung der Substanz auf etwa 10°—12° C. Umgekehrt nimmt die Intensität des Nachleuchtens und implicite die Dauer desselben beim Erwärmen rasch ab und hört bei etwa 45° ganz auf. Als Ursache des Auslöschens

der Phosphoreszenz bei erhöhter Temperatur wird im allgemeinen die lebhaftere molekulare Bewegung angenommen, die nach Lenard eine raschere Rückkehr der lichtempfindlichen Elektronen in ihre Normallage zur Folge hat. Dennoch erscheint es auffällig, daß eine so geringe Temperaturerhöhung in unserem Falle das Auslöschen der Phosphoreszenz bewirkt. Es ist sehr wahrscheinlich, daß dies mit der Konsistenz des Präparates zusammenhängt, indem dessen Zähigkeit durch Erwärmen rasch abnimmt. Darauf deutet auch, wie wir später sehen werden, das Verhalten des Fluoreszein-Zitronensäurephosphores hin.

Anderseits kann die Intensität des Nachleuchtens bei dem behandelten Phosphor ein wenig gesteigert werden, indem man die ursprüngliche Mischung über die Schmelztemperatur, auf etwa 185° erhitzt. Dabei bilden sich aus der Weinsäure unter Entweichen von Wasser und unter Blasenbildung teilweise Anhydrosäuren. In jedem Falle aber wirkt Feuchtigkeit nachteilig auf die Phosphoreszenzfähigkeit ein. Schließlich sei noch hervorgehoben, daß die glasige Struktur der geschmolzenen Weinsäure im Laufe einiger Tage einer kristallinischen weicht, was sich äußerlich durch Trübwerden und Gelbfärbung des Präparates kundgibt. Nach Beobachtung des Verfassers wird dieser Vorgang durch Aufbewahren des Präparates im Dunkeln verlangsamt. Trüb geworden, büßt es natürlich seine Fluoreszenzfähigkeit ein, die Fähigkeit aber zu phosphoreszieren bleibt noch lange erhalten.

Eine andere Möglichkeit, Fluoreszein in lumineszenzfähigen Zustand zu versetzen, bietet die Zitronensäure. Darauf weist schon der Umstand hin, daß sie gleich der Weinsäure zu einer glasigen, amorphen Masse erstarrt, allerdings von geringerer Haltbarkeit, da diese schon nach kurzer Zeit wieder kristallinisch wird. Man verfährt so wie bei der Weinsäure und erhitzt das Gemenge von Zitronensäure und Fluoreszein auf etwa 155° oder auch auf höhere Temperatur. Die Zitronensäure, die mit 1 Molekül H_2O kristallisiert, schmilzt bei 100° in ihrem Kristallwasser und gibt dieses allmählich ab, um bei 153° kristallwasserfrei zu schmelzen. Man erhält einen klaren Schmelzfluß von grünlichgelber Färbung und von bläulichem Fluoreszenzschimmer. Dieser wird abermals durch Neigen und Drehen des Reagenzrohres in dünner Schicht verteilt und erstarren gelassen. Zunächst fällt die lebhafte Fluoreszenz auf, die beim Abkühlen auf Zimmertemperatur etwas intensiver wird und sich in der Färbung ein wenig verändert. Bei der Schmelztemperatur ist sie bläulichgrün, nach dem Abkühlen blau.

Merkwürdigerweise phosphoresziert das Präparat bei gewöhnlicher Temperatur nicht oder nur sehr schwach und undeutlich. Kühlt man es aber in einer Kältemischung auf etwa —12° ab und läßt kurze Zeit diffuses Tageslicht darauf einwirken, so tritt ein sehr schöner Phosphoreszenzeffekt ein, der auch hier rasch abklingt und nach einigen Sekunden schwindet. Die Färbung des Phosphoreszenzlichtes ist im Gegensatze zum Weinsäurepräparate grünlichgelb. Es besteht kein Zweifel, daß die Ursache, warum die Phosphoreszenz hier erst nach starker Abkühlung erregt werden kann, nicht in der chemischen Zusammensetzung, sondern in der Konsistenz des Präparates zu suchen ist. Während der erstarrte Schmelzfluß der Weinsäure ziemlich hart ist, erscheint er bei der Zitronensäure weich und fadenziehend. Daher ist die Beweglichkeit der Moleküle in beiden Säuren bei gleicher Temperatur verschieden und bei der Zitronensäure größer als bei der Weinsäure. Bei jener ist demnach zur Erhöhung der Zähigkeit eine starke Abkühlung notwendig, um die molekulare Bewegung zu verlangsamen und um sie auf das erforderliche Maß der Geschwindigkeit zu bringen.

Aus dem eben Angeführten kann ersehen werden, daß sich auch die Zitronensäure sehr gut zur Darstellung eines „Fluoreszeinphosphores“ eignet. Gegenüber der Weinsäure aber erscheint ihre Verwendbarkeit beeinträchtigt durch den einen Umstand, daß sie ein weniger haltbares Präparat liefert und durch den anderen, daß der Phosphoreszenzeffekt erst bei starker Abkühlung eintritt. Dennoch kann auch

dieser Fluoreszeinphosphor im Unterrichte als wertvolles Demonstrationsobjekt dienen, um die Wesensgleichheit der beiden Photolumineszenzerscheinnungen, der Fluoreszenz und der Phosphoreszenz, zu beweisen.

Zum Schlusse sei noch bemerkt, daß die Parallelität in dem Verhalten der mit Hilfe der Weinsäure, Zitronensäure und auch Borsäure dargestellten Fluoreszeinphosphore auf die gleiche Wechselwirkung zwischen den Säuren und dem Fluoreszein schließen läßt. Eine Stütze für diese Ansicht hat der Verfasser durch Beobachtung der Tatsache gefunden, daß das Fluoreszein in einem chemisch neutralen Einbettungsmittel erst dann zu lebhafter Phosphoreszenz angeregt werden kann, wenn ihm Stoffe mit freien Wasserstoffionen beigemengt werden. Diese Stoffe spielen daher in den festen Lösungen des Fluoreszeins eine ähnliche Rolle wie die alkalisch reagierenden in der wässerigen Lösung, indem sie auf Grund einer chemischen Einwirkung die Lumineszenz des Fluoreszeins aktivieren.

Selbsthergestellte Modelle für die technischen Abschnitte des Chemieunterrichts.

Von Dr. **Christoph Schwantke** in Berlin-Pankow.

Von dem Gedanken ausgehend, daß räumliche Modelle, selbst wenn sie unvollkommen sind, leichter eine anschauliche Vorstellung wecken, als die vollkommensten flächigen Abbildungen und Zeichnungen, habe ich Modelle für die wichtigsten im Unterricht zu erwähnenden technischen Öfen u. dgl. gebaut, und zwar folgende:

1. Kokerei
2. Hochofen
3. Winderhitzer
4. Puddelofen
5. Birne
6. Siemens-Martin-Ofen
7. Gasgenerator
8. Kalkschachtofen
9. Ringofen
10. Tonwarenbrennofen
11. Glasofen
12. Zementofen
13. Kiesröstofen
14. Zinkmuffeln, in Nr. 11 einzusetzen
15. Bleitreibherd
16. Ofen für Al-Gewinnung
17. Bleikammeranordnung für H_2SO_4-Gewinnung.

Der Vorteil dieser Modelle liegt vor allem in einer großen Zeitersparnis im Unterricht. Wir können und wollen nicht Technik als solche treiben, sondern wollen so weit als möglich Einblick geben in das chemische Geschehen und seine Gesetzlichkeit; da gehören die technischen Verfahren wesentlich als Anwendungsbeispiele für das chemisch Eingesehene in den Unterricht, es bleibt dafür aber nicht viel Zeit. Man kann nun durch eine kurze Erläuterung an Hand eines Modells eine Vorstellung geben, die zu vermitteln sonst viel Worte und sehr viel Zeichnung erfordert. Die Modelle können auch Besichtiguugen vorbereiten helfen.

In den folgenden Figuren (1 bis 3) entsprechen die beigesetzten Zahlen den Nummern der obigen Aufzählung.

Die Modelle geben meist die Öfen in $^1/_2$- oder $^3/_4$-Schnitt, sie lassen sich daher leicht aus den in den Büchern gegebenen Schnittzeichnungen entwerfen; der Ringofen ist vollständig, mit abnehmbarem Dach versehen, so daß der Luftweg leicht verfolgt werden kann. Auf komplizierte Einzelheiten wie die Füllvorrichtung des Hochofens oder die Gasventile des Regenerativofens ist überall verzichtet. Der Hochofen ist 35 cm hoch, die anderen Modelle sind von etwa entsprechender Größe.

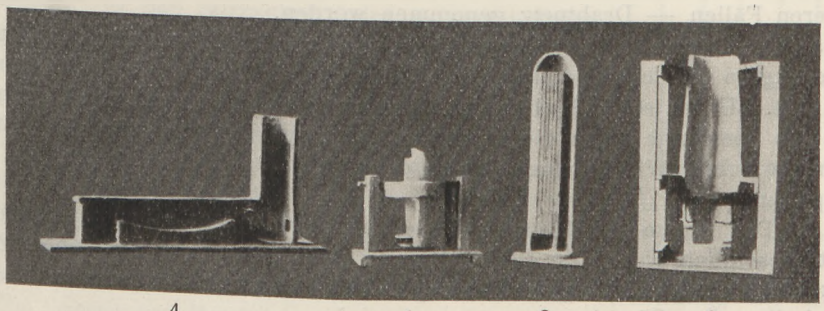
Hergestellt sind die Modelle aus Holz, Pappe und Gips. Gips hat vor anderen plastischen Massen den Vorzug schneller Erhärtung, so daß man stückweise weiterbauen kann; er hat freilich den Nachteil, daß das von ihm benetzte Holz sich beim Trocknen leicht wirft und vom Gips abreißt; deshalb müssen vor Aufbringen des Gipses Nägelchen in das Holz geschlagen werden, deren Köpfe dann der Gips um-

schließt. Ganz dünne Gipsschichten halten auf Holz nicht, wohl aber auf Pappe. Es empfiehlt sich im allgemeinen, das Modell erst als Gerippe von Holz und Pappe fertig zu bauen und dann im ganzen mit Gips zu umkleiden. An Stelle von Gips könnte Plastilin oder auch Glaserkitt versucht werden.

Zur Anregung ähnlicher Bauversuche soll kurz der von mir gewählte Arbeitsgang geschildert werden:

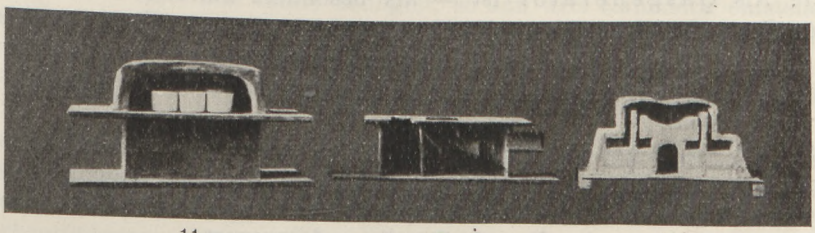
Ad 1: Die Kokerei ist einem Modell der ehemaligen Bergakademie nachgebaut und wesentlich aus Holz; eine Kokskammer ist ausgeführt, die Schiebetüren aus Blech,

Fig. 1.



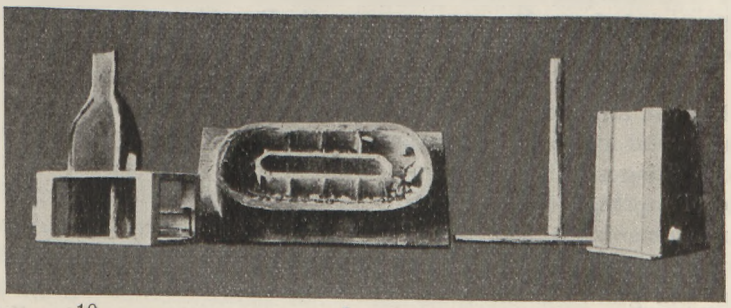
4 5 3 2

Fig. 2.



11 7 6

Fig. 3



10 9 8

Die Zahlen unter den Figuren entsprechen der beistehenden Aufzählung der Modelle.

dazu gehört ein Stab mit passendem Blechschild, mit dem sich das Herausdrücken der Koksmassen deutlich machen läßt. Auf der einen Seite der Kokskammer ist eine Heizkammer im Schnitt gegeben, auf der anderen Seite setzen sich die Wände in einen geschlossenen Holzkasten fort, an dem durch Anstrich das Abwechseln von Heiz- und Kokskammern angedeutet ist.

Ad 2: Der Hochofen ist nach der Zeichnung in OST, Chemische Technologie, gemacht. Der Holzumbau erhält zwei Brettchen von beistehender Form; an sie wird aus Pappe der obere Halbkegel genagelt. Der Luftring wird aus dickem Draht gebogen, an den aus demselben Material 8 Düsen gelötet werden; dann wird durch Umwickeln mit Lappen oder Schnur die gewünschte

Dicke hergestellt und das Ganze mit Gips überstrichen. Bis auf die vier hinteren Düsen reicht dann der wieder aus Pappe aufgenagelte untere Halbkegel des Schachtes. Der Boden des Herdes ist eine Holzscheibe, von ihr bis zu den Düsen kann man freihändig aufmauern, dann alles mit Gips bekleiden.

Ad 3: Der Winderhitzer stammt ebenfalls aus Ost; der Mantel ist Pappe, der Einbau Holz. Um die Kuppel zu bekommen, schneidet man den Oberrand der Pappe zu Zacken und näht diese mit Faden oder Draht zusammen.

Ad 4: Der Puddelofen; Schnittzeichnungen stehen in jedem Lehrbuch. Das Modell ist bis auf den Herd aus Holz; als Rost der Feuerung ist hier — und in allen anderen Fällen — Drahtnetz genommen worden.

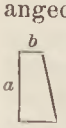
Ad 5: Die Birne — ihr Hauptteil ist ein aus kräftigem Brett gesägter und mit Achsenzapfen versehener Ring, an den sich die Pappe der Wandung leicht annageln läßt. Unten schließt sich die Pappe an ein etwa mondsichelförmiges Holzstück, an das oben und unten die Brettchen des Doppelbodens genagelt sind und in das die (nicht hohle) Windleitung eingeleimt wird. Das Ganze ist um die Achsenzapfen kippbar.

Ad 6: Der Siemens-Martin-Ofen ist auch allenthalben abgebildet; das Modell ist wesentlich Holz, die Decke Pappe. Man kann aus Streifchen Zigarrenkistenholz ein Modell der Ziegelschichtung in den Regenerativkammern zusammenleimen und dies zum Ofen legen.

Ad 7: Als Gasgenerator ist — als besonders einfach — ein in die Erde eingebauter Generator genommen mit Treppenrost; vorn ein Einsteigeschacht, über dem Rost eine Füllöffnung. Der Rost ist aus Drahtnetzstückchen, voneinander gehalten durch schmale, auf die Rückwand genagelte Holzleistchen, die zum Schluß mit Gips verdeckt worden sind.

Ad 8: Für den Kalkschachtofen errichtet man auf der Grundplatte vier sich nach oben etwas zusammenneigende Holzpfeiler und macht die Bodenplatte aus Gips. Dann wird aus Pappe ein doppelkegelartiger Schacht und die Decke einer Ausziehöffnung eingenagelt, dann der Rest freihändig aufgemauert.

Ad 9: Für den Ringofen ist der Grundriß bei Ost benützt, aber die Zahl der Kammern sehr vermindert. Man baut zuerst die Rauchkammer, die Längswände aus Brettchen, die Rundteile aus Pappe; ein Loch für den Luftabzug ist gleich anzubringen, die anderen — verschlossen zu denkenden — Rauchkanäle werden durch Anstrich angedeutet. Für die Ringwand werden möglichst viele Holzstücke vom Profil der Wand



aufgenagelt und an deren Innenwände *a* ein Pappstreifen geheftet, der die Innenwand des Ringes bildet. Dann wird ein die Oberfläche des Ofenunterteils bildender Pappringstreifen auf die Flächenstückchen *b* aufgenagelt. Dann wird das Ganze umgekehrt, mit dem Pappring auf eine glatte Unterlage gelegt und Gips aufgebracht. Wenn dieser erhärtet ist, bleibt die Oberfläche dieses Unterteils dauernd eben und glatt. Dann kann die Wand freihändig fertig gemacht werden unter Aussparung von zwei Öffnungen. Jetzt werden mit etwas Gips Zwischenwände aus dünner Pappe eingeklebt und bis auf eine mit einer Flamme fortgebrannt, so daß nur Ränder übrig bleiben. Nach dem Anstrich des Ganzen werden auf den Boden zur Andeutung der Kammerfüllung Materialstückchen geklebt — in den noch nicht gebrannten Kammern Kalkstückchen, in den gebrannten Gipsbrocken, weil ja CaO zerfallen würde; in der Brennkammer färbt man die Gipsbrocken mit Eosin rot. Durch eine Schnur kann schließlich der Luftweg angegeben werden. Das Dach wird aus einer Holzplatte, der Schornstein aus Pappe gemacht.

Ad 10: Der Tonwarenbrennofen ist nach der Zeichnung bei Rüdorff gemacht, der Umbau Holz, der eigentliche Ofen Pappe; die Kuppelformung geschieht wie beim Winderhitzer.

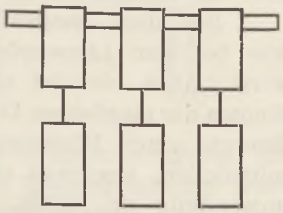
Ad 11: Der Glasofen. Im — unter der Hüttensohle zu denkenden — Unterteil sind, von den Stirnseiten sichtbar, Wärmespeicher dargestellt; von ihnen treten

durch Schlitze an den Schmalseiten des eigentlichen Brennraums die Gase ein und aus. Im Brennraum stehen 6 Vogelfutternäpfchen als Andeutung der Glashäfen.

Ad 12: Der Zementofen ist ein Drehofen; wesentlich ein weiteres Glasrohr, auf der einen Seite ein Fülltrichter, auf der anderen die Andeutung der Flammendüse mit Ventilator und Kohlenstaubtrichter.

Ad 13: Der Röstofen ist ein Etagenofen mit Fortschaufelung, ganz aus Holz.

Ad 14: Die Zinkmuffeln. Die Rückwand des Glasofens ist herausnehmbar; an ihre Stelle kann eine andere treten, an der drei Paar Klötzchen befestigt sind, jedes Paar durch einen schwachen Nagel verbunden. In den Stirnseiten jeder so angedeuteten Retorte steckt eine aus Glas gebogene Destillationsvorlage.



Ad 15: Der Treibherd hat einen über Porzellanschale geformten Herd aus Gips, darüber aus Pappe das Kuppeldach mit Feuerung und Schornstein.

Ad 16: Der Elektrolyseherd ist nach einer Abbildung im Lehrbuch von HOFMANN gemacht, eine rechteckige Wanne mit nach hinten durchstoßendem Abstich; an einfachem Holzrahmen hängen drei Lampenkohlen als positive Elektroden herab.

Ad 17: Auch die Bleikammern sind nach einer Abbildung bei HOFMANN gemacht. Ein Gestell aus Holzleisten von quadratischem Querschnitt (mit etwa 2 cm Quadratseite) ist mit Pappe von innen benagelt, so daß drei Kammern entstehen, die durch kurze Glasröhrchen verbunden werden. Die Türme sind Halbzylinder aus Pappe, Deckel und Doppelboden aus Holzscheiben, in jeden Turm sind einige Koksstückchen eingeleimt. Der Weg der Säure wird durch verschiedenfarbige Schnüre angedeutet.

Wesentlich für die Wirkung der Modelle ist ein Anstrich aus kräftigen und recht kontrastreichen Farben. Ich habe Leimfarbe genommen, da läßt sich eine etwa abgestoßene Stelle wieder mit Gips nachbessern. Besser würde Ölfarbe wirken, dann müßten Nachbesserungen mit Plastilin gemacht werden.

Amtsgenossen, die sich solche Modelle machen wollen und die den Weg nach Pankow nicht scheuen, will ich gern die meinen zeigen (Anschrift: Pankow, Parkstr. 24).

Kleine Mitteilungen.

Die Grundschwingung des an einem Ende festgeklemmten Stabes.

Von Dr. **Karl Lichtenecker**,
Professor an der deutschen techn. Staats-Lehranstalt, Reichenberg i. Böhmen.

Wenn man einen Stab an einem seiner Enden festklemmt und mit der Grundschwingung schwingen läßt, so scheint kein Zweifel möglich, daß das festgeklemmte Ende einen Knoten, das freie Ende einen Bauch der Schwingung bildet. Eines Tages aber tauchte im Unterricht doch ein Bedenken auf. Die Stelle des Bauches ist im allgemeinen durch ein Maximum der Krümmung gekennzeichnet, die Stelle eines Knotens durch ein Nullwerden der Krümmung. Bei unserem einseitig festgeklemmten Stabe ist es aber umgekehrt. Das freie Ende, also die Stelle, die als Bauch bezeichnet wird, hat die Krümmung Null, das festgeklemmte Ende dagegen einen Höchstwert der Krümmung [1]).

[1]) Bedingung für das freie Ende . . . . $\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0$

„ „ „ feste „ . . . . $y = 0$; $\frac{\partial y}{\partial x} = 0$ (vgl. Auerbach, Akustik, S. 330 in Winckelmanns Handbuch der Physik).

Von diesem Standpunkte aus wäre also das freie Ende als Knoten, das festgeklemmte als Bauch anzusprechen. Diese Auffassung verliert den Anschein des Sonderbaren, wenn man sich gegenwärtig hält, daß bei jeder Wellenbewegung zwei Energiearten ins Spiel kommen und daß bei stehenden Wellen für die eine der beiden Energieformen dort ein Bauch auftritt, wo sich für die andere ein Knoten befindet und umgekehrt. Bei der gedeckten Lippenpfeife z. B. ist am offenen Ende ein Bauch der Bewegung und gleichzeitig ein Knoten der Druckschwankung, am gedeckten Ende fällt der Knoten der Bewegung mit einem Bauch der Druckschwankungen zusammen.

Bei dem festgeklemmten Stabe ist nun eine ähnliche Betrachtung möglich wie bei der Lippenpfeife, wenn sie wohl auch gewöhnlich nicht vorgenommen wird. Auch hier ist offenbar am freien Ende, also am Bauch der Bewegung, ein Knoten der elastischen Deformation; am festgeklemmten Ende dagegen hat die elastische Energie einen Höchstwert, also einen Bauch. Es sei gestattet, im folgenden kurz mitzuteilen, inwieweit eine solche Betrachtung berechtigt erscheint und welche Nutzanwendung sie zuläßt. Zunächst folgt, daß die Gestalt des einseitig geklemmten Stabes nicht die Verteilung der Bewegungsenergie darstellt — wie dies z. B. bei der mit ihrem Grundton schwingenden Saite der Fall ist, — sondern die Verteilung der elastischen Deformationsenergie. Es steigt die Vermutung auf, diese Gestalt könnte annähernd durch die Beziehung

$$y = a\,(1 - \cos\varphi)$$

gegeben sein, wo a die Schwingungsweite am freien Ende und $\varphi = \frac{x}{l} \cdot \frac{\pi}{2}$ ist, so daß für $x = l$, also für das freie Ende die Größe $\varphi = \frac{\pi}{2}$ und somit $y = a$ wird (vgl. Fig. 1).

Erweist sich eine solche einfache Beziehung — wenn auch nur mit Annäherung — als zutreffend, so wird dies um so angenehmer sein, als eine strenge Behandlung des Problems des schwingenden Stabes die Kraft der Analyse übersteigt. Schon

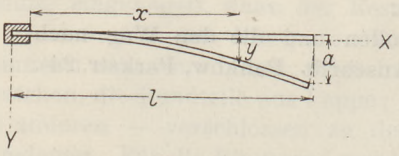


Fig. 1.

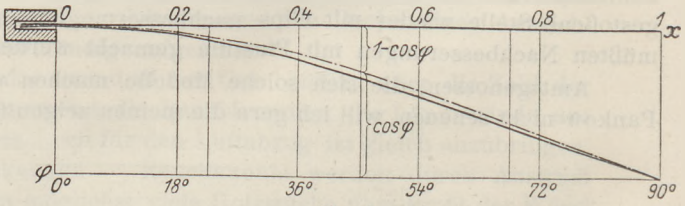


Fig. 2.

unter der außerordentlich einschränkenden Annahme, daß es sich um einen dünnen Stab handelt, und daß die Schwingungen sich nur in einer zur Stabrichtung normalen Geraden abspielen, folgt eine partielle Differentialgleichung vierter Ordnung[1]) für die Eigenschwingungen. Die wirklich auftretende Schwingungsform wird obendrein noch stets von der Art der Erregung mitbeeinflußt sein. Die nachfolgende Tabelle sowie die Figur 2 geben eine Vorstellung, wie weit die hier mitgeteilte Annahme als zulässig erscheinen darf. Die erste Spalte enthält x, den Abstand eines Punktes vom festgeklemmten Ende aus gemessen, die zweite enthält die Elongation des betreffenden Punktes, bestimmt aus der Differentialgleichung vierter Ordnung, die dritte Spalte endlich die Elongation, wie sie sich für $a = 1$ und $l = 1$ aus unserer angenommenen Gleichung $y = 1 - \cos\varphi$ ergibt.

Da, wie schon hervorgehoben, die Theorie mit sehr weitgehenden, den tatsächlichen Verhältnissen nicht voll entsprechenden Einschränkungen arbeitet, also selbst wieder einer Überprüfung durch den Versuch bedarf, diese Versuche aber auch nur im allgemeinen Übereinstimmung mit der Theorie ergeben haben, kann die Annäherung vielleicht recht befriedigend erscheinen.

[1]) A. a. O., S. 329.

Es sei erlaubt, diese kurze Mitteilung mit einer Anregung zu schließen. Die Abweichung zwischen der theoretischen Gestalt der Stabschwingung und der hier angenommenen, rein sinusförmigen, stellt sehr genau selbst wieder eine Sinuswelle mit halber Wellenlänge des Grundtones dar, also einen Oberton, der am freien Ende einen Knoten der Bewegung hat. Die Amplitude dieser Oberschwingung, über deren Vorhandensein meines Wissens noch keine Mitteilungen vorliegen, ist genau $^1/_{25}$ der Amplitude der Grundschwingung. Es wäre sehr interessant, wenn es einem Fachgenossen mit sehr leistungsfähigem Hörvermögen gelänge, die Oktave des Grundtones eines einseitig geklemmten Stabes mittels Helmholtzscher Resonatoren oder dergleichen festzustellen.

x	y berechnet aus der Diff.-Gleich. 4. Ordnung	y berechnet aus $1 - \cos \varphi$
0	0,00	0,00
0,2	0,06	0,05
0,4	0,23	0,19
0,6	0,45	0,41
0,8	0,73	0,71
1,0	1,00	1,00

Einfache Versuche mit dem Dreiphasenstrom.

Von Dr. **Gustav Penseler** in Blankenese.

Diejenigen Schulen, die ihren elektrischen Strom für physikalische Versuche einer Überlandzentrale entnehmen — und es werden deren von Jahr zu Jahr mehr —, benutzen ihn durchweg erst, nachdem er in Gleichstrom umgewandelt ist; sie haben aber doch auch ein großes Interesse daran, das Wesen des Drehstroms an ein paar Versuchen den Schülern klarzumachen. Das Drehfeld läßt sich ja mit einem Drehstrommotormodell, das man sich entweder selbst leicht herstellen oder von einer physikalischen Werkstatt beziehen kann, gut vorführen. Schwieriger aber ist es, den Schülern durch Versuche zu zeigen, daß die drei Leitungen Wechselströme führen, deren Phase um 120° gegeneinander verschoben sind. Oszillographen, mit deren Hülfe man den Verlauf der Wechselstromkurven anschaulich aufzeichnen lassen kann, sind für die meisten Schulen unerschwinglich teuer. Daher habe ich mir in folgender Weise einen fast kostenlosen Ersatz geschaffen.

Ein Bogen Fließpapier wird in eine starke Kochsalzlösung getaucht, nachdem einige Tropfen Phenolphtaleïn hinzugesetzt sind. Dies Fließpapier wird darauf auf eine blanke Metallplatte gelegt. Man fährt nun mit den drei nahe beieinander liegenden Enden der Drehstromleitungen schnell über das feuchte Papier hin. So entstehen auf ihm drei rotgestrichelte parallele Linien von folgendem Aussehen (Fig. 1).

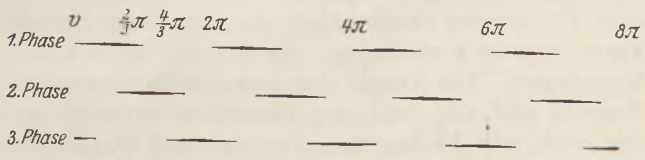


Fig. 1.

Aus diesem Liniensystem erkennt man nicht nur den Wechselstromcharakter der drei Ströme, sondern auch deutlich ihre Phasenverschiebung gegeneinander. Bei genauerer Betrachtung der Linienzüge sieht man auch, wenn man die Pole der Leitungen nicht zu langsam bewegt hat, daß jeder einzelne Strich schwach ansetzt, in der Mitte seine größte Stärke erreicht und dann so wieder an Intensität abnimmt wie er angefangen hat: ein Zeichen, daß der Strom an Stärke sich ändert. Die Entstehung der roten Farbstriche beruht auf der Elektrolyse des Chlornatriums. Das positiv geladene und abgeschiedene Natrium wandert an die negative Elektrode und verbindet sich mit dem Lösungswasser zu der Lauge NaOH, die durch die Anwesenheit des Phenolphtaleïns sich rot färbt. Die roten Striche deuten also die negativen Strom-

impulse an, die dazwischen liegenden farblosen Lücken zeigen, daß entweder der Strom unterbrochen ist oder daß die Stromrichtung sich umgekehrt hat. Im ersten Falle hätte man es mit pulsierendem Gleichstrom, im zweiten mit Wechselstrom zu tun. Welche Stromart hier vorliegt, läßt sich sofort dadurch entscheiden, daß man in den Stromkreis, stets natürlich unter Vorschaltung geeigneter Widerstände, am besten Glühlampen, ein Gleichstromgalvanometer einschaltet. Wären es pulsierende Gleichströme, so müßte sich der Zeiger des Galvanometers dauernd nach der einen Seite hin neigen. In Wirklichkeit bemerkt man aber nur ein leichtes Zittern der Galvanometernadel; das beweist, daß ein Wechselstrom das Galvanometer durchfließt. Die Nadel ist viel zu schwerfällig, um den einzelnen Stromwechseln folgen zu können.

Den Nachweis der Wechselströme auf direktem elektrolytischen Wege hoffte ich dadurch zu erbringen, daß ich das Fließpapier mit roter Lackmusfarbe und Kochsalz statt mit Kochsalz und Phenolphtaleïn tränkte. Ich hoffte gestrichelte Linien aus abwechselnd blauen und gelblichen Strichen zu erhalten, denn das an der negativen Elektrode sich bildende NaOH mußte die Lackmusfarbe blau färben, während an der positiven Elektrode das Chlor den Farbstoff vernichten mußte. Die blauen Striche waren deutlich sichtbar, die gelblichen aber kaum. Die Wirkung des Chlors war nicht stark genug. Ich zweifle aber nicht, daß sich Reagenzmittel finden lassen, mit denen beide Stromrichtungen gleich gut angezeigt werden.

Sehr gut gelingt es, die Anzahl der Stromwechsel in einer Sekunde festzustellen. Das geschieht in ähnlicher Weise, wie man die Schwingungszahl einer Schreibstimmgabel bestimmt. Zu dem Zwecke hat man nicht die drei Pole der drei Phasen, sondern die Metallplatte zu verschieben. Man hat noch ein Pendel zur Zeitbestimmung nötig. Eine Bleikugel oder eine andere Metallkugel, die man unten mit einem kurzen, dünnen, elastischen Draht versieht, wird zu dem Zwecke mit einem dünnen Kupferdraht bifilar an einem wagerechten Metallstab so aufgehängt, daß die feine Spitze eben noch das Fließpapier berührt (Fig. 2). Nachdem man die Schwingungszeit dieses Pendels genau bestimmt hat, läßt man es so schwingen, daß seine Schwingungsebene senkrecht auf der Bewegungsrichtung der Metallplatte steht und seine Spitze dicht vor den Polen das Fließpapier berührt. Die Metallplatte wird leitend mit dem positiven, das Pendel an dem Aufhängestab mit dem negativen Pol eines geeigneten Gleichstromes verbunden. Setzt man das Pendel in Schwingungen, so tritt bei der Berührung der Spitze mit dem Fließpapier Stromschluß ein und beim Seitwärtsziehen der Metallplatte werden kurze, schräg verlaufende, rote Striche, Teile einer Sinuskurve, auf dem Fließpapier hinterlassen. Die Anzahl der roten Striche zwischen der ersten und dritten Spur des Pendels gibt die Zahl der Polwechsel während einer vollen Pendelschwingung an. Die von mir beobachtete Periodenzahl 50 stimmte genau mit den Angaben am Elektrizitätszähler überein.

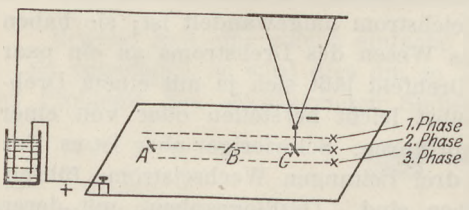


Fig. 2.

Nach dem Prinzip des Oszillographen läßt sich der Wechselstromcharakter des Drehstroms auch auf folgende sehr einfache Weise veranschaulichen. Aus einem Zigarrenkistenbrett wird ein etwa 2 mm breiter und 4 cm langer Spalt herausgeschnitten und drei feine Lamettafäden werden senkrecht zum Spalt darauf so gespannt, daß sie das Holz nicht berühren und 0,7 bis 1 cm voneinander entfernt sind. Die Enden der drei Leitungen werden an P_1, P_2 und P_3 (Fig. 3) angeschlossen, während die anderen Enden Q_1, Q_2 und Q_3 unter sich leitend verbunden werden.

Ein kräftiger Hufeisenmagnet, am besten Elektromagnet, wird nun so aufgestellt, daß seine beiden Schenkel das Spaltbrett ungefähr bis zum mittleren Draht P_2 Q_2 umschließen und daß bei der Projektion des Spaltes auf einen Schirm das Spaltbild

nicht verdeckt wird. Stellt man jetzt den Dreiphasenstrom an, so geraten die Lamettafäden unter der Einwirkung des magnetischen Kraftfeldes in Schwingungen, die auf dem Projektionsbilde des Spaltes an dem Zittern der drei dunklen, von den Lamettafäden PQ herrührenden Unterbrechungsstellen bemerkbar werden. Wenn man aber die durch den Spalt dringenden Lichtstrahlen auf einen rotierenden Spiegel fallen läßt, bevor sie den Schirm treffen, so zeigen sich auf dem Projektionsschirm deutlich drei

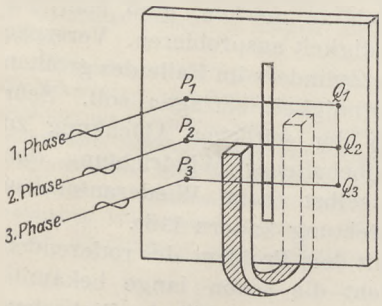


Fig. 3.

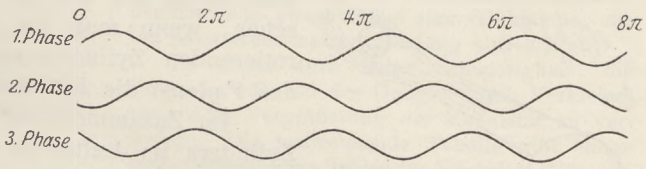


Fig. 4.

dunkle Sinuskurven im hellen Felde. Ihr gegenseitiger Phasenunterschied ist 120^0 (Fig. 4).

Damit die dunklen Kurven auf hellem Grunde nicht zu schwach ausfallen, empfiehlt es sich, die Lamettafäden an den Stellen vor dem Spalt durch Umwicklung mit einem zweiten Lamettafaden zu verdicken. Auch ist es zweckmäßig, den Elektromagneten mit Polschuhen zu versehen, die man vor Anstellung des Magnetisierungsstromes so nahe wie möglich an den Spalt heranschiebt. Die schwingenden Metallfäden wähle man etwa 10 cm lang. Die Sinuskurven auf dem Projektionsschirm sind nicht immer rein, auch ist die Amplitude der drei Kurven nicht ganz gleich, selbst wenn man die Fäden gleich straff gespannt hat, denn die magnetische Feldstärke ist nicht an allen Stellen des Spaltes dieselbe.

Für die Praxis.

Ein einfacher Versuch zum sog. Magnuseffekt. Von **Karl Gentil** in Elberfeld. Das Bekanntwerden des Flettner-Rotorschiffes, des Segelschiffes ohne Segel, hat in weiten Kreisen ganz irrige Vorstellungen von dem der Erfindung zugrunde liegenden physikalischen Prinzip erweckt. Es sei daher im folgenden eine Versuchsanordnung beschrieben, die mit ganz einfachen Mitteln den sog. Magnuseffekt demonstriert.

Herr Prof. v. KÁRMÁN zeigte auf einer Sitzung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft zu Bonn den sog. Magnuseffekt mit Hilfe folgender Versuchsanordnung (Fig. 1): Es ist V ein Ventilator, der einen starken Luftstrom L erzeugt; C ist ein zylindrisches Papprohr von etwa 50 cm Länge, an einer Schnur axial aufgehängt. Hat man den Zylinder so um seine Achse gedreht, daß er nachher beim Loslassen, infolge der starken Torsion des Fadens, im Zeigersinn rotiert, und bläst man gleichzeitig einen Luftstrom gegen den rotierenden Zylinder, so findet außer einer Bewegung des Zylinders in der Windrichtung eine seitliche Bewegung etwa senkrecht zur Windrichtung statt (Fig. 2). Bei entgegengesetztem Rotationssinne tritt eine Umkehrung der seitlichen Ablenkung ein (Fig. 3). Dies zeigen einwandfrei die Versuche. Bezüglich der Erklärung der Erscheinung vergleiche man den Bericht in diesem Heft, S. 43.

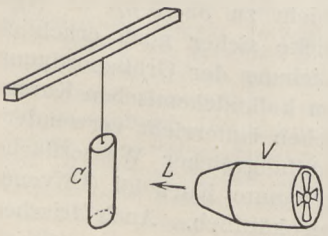


Fig. 1.

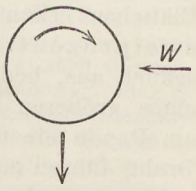


Fig. 2.

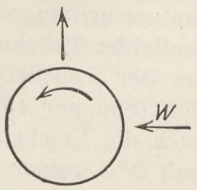


Fig. 3.

Ich habe die beschriebene Versuchsanordnung noch dahin vereinfacht, daß ich an Stelle des Ventilators einen Föhnapparat benutze, wie er zum Trocknen der Haare verwendet wird. An Stelle des großen Pappzylinders benutze ich einen solchen von etwa 10 cm Länge und 3 cm Durchmesser (zylindrischer Pappkarton eines Auerglühstrumpfes). Um die seitliche Ablenkung recht deutlich zu machen, muß man das Verhältnis der Windgeschwindigkeit zur Rotorgeschwindigkeit ausprobieren. Versuche haben ergeben, daß die Oberflächengeschwindigkeit des Zylinders im Falle des größten Wirkungsgrades etwa das $3\,^1/_2$fache der Windgeschwindigkeit betragen soll. Sehr deutlich ist der Wechsel in der seitlichen Ablenkung zu sehen, wenn man bei beibehaltener Windrichtung den rotierenden Zylinder von selbst (beim Wiederaufdrehen des Fadens) die Rotationsrichtung ändern läßt.

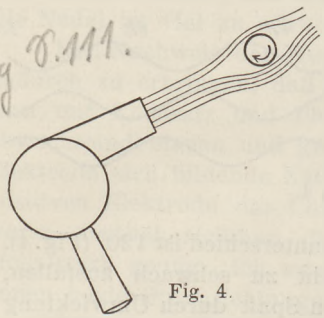


Fig. 4.

Im Zusammenhang mit dem Problem des rotierenden Zylinders im Luftstrom steht die schon lange bekannte Erscheinung der tanzenden Kugeln. In den physikalischen Freihandversuchen von H. Hahn, Teil II, findet man auf Seite 397 eine ganze Reihe von schönen Versuchen hierzu. Ich habe zu einem solchen Versuch einen Zelluloidball von etwa 4 cm Durchmesser im Luftstrom des Föhnapparates benutzt. Es gelingt durch einige Übung beim Neigen des Apparates die Kugel längere Zeit im Gleichgewicht schwebend zu halten, wobei sie sich lebhaft in dem in Fig. 4 angegebenen Sinne dreht. Hierbei wird die Schwere durch den entgegengesetzt gerichteten aerodynamischen Druck aufgehoben. Man findet bei H. Hahn, a. a. O. S. 369 (Aufg. 675) noch einen weiteren Versuch zum Magnuseffekt. Dieser Versuch gelingt am besten mit Hilfe eines großen Balls, wie er z. B. zum Faustballspielen benutzt wird. Gute Spieler machen schon von jeher von diesen Trickbällen, die den Gegner täuschen sollen, Gebrauch. Schlägt man den Ball in der Mitte an, dann ist die Wurfbahn die normale ballistische Kurve. Versucht man aber den Ball an der unteren Seite zu treffen und ihm so eine Drehung zu geben (der sog. Rückeffekt des Faustballs), dann steigt der Ball unter sonst gleichen Bedingungen höher und fällt danach fast senkrecht zu Boden.

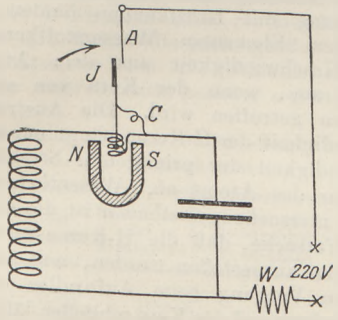
Zur Praxis und kolloidchemischen Auswertung des Öltropfen-Wasser-Versuches. Von **O. Ohmann** in Berlin-Pankow. Der inhaltreiche Versuch der Ausbreitung eines Öltropfens auf einer Wasserfläche ist wenig gebräuchlich; wohl, weil er leicht mißlingt. Ist das Öl (Olivenöl) schon etwas dicklich, so gibt es kaum ein Resultat. Frisches Öl auf reinem Wasser breitet sich ziemlich schnell zu einer Scheibe von knapp 10 cm ∅ aus, die aber bald allenthalben zerreißt, jedoch am Rande noch die Farben dünner Blättchen erkennen läßt. Ein viel besseres Ergebnis erhielt ich dadurch, daß ich zweiprozentiges Karbolöl anwendete. Der Tropfen breitet sich überraschend schnell aus, bedeckt ununterbrochen fast die ganze Wasserfläche in der Vertiefung eines größeren flachen Tellers (∅ 32 cm, Vertiefung 23,5 cm ∅), und man erblickt am Rande einen farbenprächtigen breiten Ring. Auch kleine Tropfen (an dünnem Draht) führen noch zu größeren Scheiben. Gerade aus solchen, aber nur von Olivenöl, leitete L. Sohncke (1890) die mittlere Dicke der Ölschicht zu 55,75 $\mu\mu$ ab (vgl. *ds. Zeitschr. 4, 39*). In unserem Versuch wird diese Dicke sicher noch erheblich unterschritten, so daß dieser Versuch sich zur Veranschaulichung der Größenordnung kolloider Teilchen (1 bis 100 $\mu\mu$) recht gut eignet. In meinem kolloidchemischen Kursus an der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht verwendete ich (Sommer 1924) eine große Blechwanne, auf deren umfangreicher Wasserfläche sich die Erscheinung in großer Schönheit zeigte. Das genannte Karbolöl (Olivenöl mit 2% reiner Karbolsäure) ist in den Drogenhandlungen käuflich. Auch frisches Terpentinöl eignet sich sehr gut für diese Versuche.

Berichte.

1. *Apparate und Versuche.*

Vorführung ungedämpfter elektrischer Schwingungen kleiner Frequenz. Von R. POHL in Göttingen (Ztschr. f. Physik 22, H. 5, S. 303; 1924).

Mit technischen Papierkondensatoren von etwa 50 Mikrofarad und Transformatorspulen auf geschlossenem Eisenkern lassen sich leicht langsame elektrische Schwingungen der Frequenz $^1/_{sec}$ erzeugen. Diese sind jedoch meist stark gedämpft, weil die verfügbaren Selbstinduktionsspulen erheblichen Widerstand besitzen. Man kann aber durch Einrichtung einer Selbststeuerung leicht



auch ungedämpfte Schwingungen erzeugen, indem man den Amperemeterzeiger als Schalter benutzt, der bei jeder Schwingung in der richtigen Phase den Kondensator wieder auf die Anfangsspannung auflädt.

Der Zeiger des Drehspul-Amperemeters wird, wie in der Figur durch den Draht C angedeutet, mit dem Stromkreis leitend verbunden. Er berührt auf seinem Wege in der Richtung des Pfeiles den Kontakt A. Die dadurch anwachsende Kondensatorladung läßt den Zeiger im Sinne des Pfeiles weiterwandern. Auf dem Rückwege macht der Zeiger keinen Kontakt, weil seine linke Seite durch den Isolierstreifen J (ein mit Fischleim aufgeklebtes Stückchen Papier) abgedeckt ist. Als Zeiger bewährt sich ein flaches hochkant gestelltes Blech aus Schablonenkupfer. Das ganze Amperemeter wird so aufgestellt, daß man alle wesentlichen Teile gut im Projektionsbilde erkennen kann. Als Vorschaltwiderstand W benutzt man zweckmäßig eine Glühlampe, die bei jeder Kondensatoraufladung aufleuchtet.

Es bietet auch keine Schwierigkeit, die Frequenz während des Ganges durch Verkleinerung oder Vergrößerung der Kapazität zu verändern. Die nachstehende Tabelle gibt einige zusammengehörige Zahlen für Kapazität C (in μF), Schwingungsdauer τ (in Sek.) und den daraus berechneten, der THOMSONschen Formel entsprechenden Wert von $10\,\tau/\sqrt{C}$.

C	τ	$10\,\tau/\sqrt{C}$
6	0,53	2,16
10	0,65	2,05
20	0,88	1,97
40	1,19	1,89
120	1,95	1,79

Die Frequenz folgt also der THOMSONschen Formel $\tau = 2\pi\sqrt{LC}$ nur in erster Annäherung. Da bei diesen langsamen Schwingungen die Dämpfung besonders groß ist, wird die Verzerrung der Sinuskurve bei jeder Ergänzung der Kondensatorladung erheblich (ähnlich auch in geringerem Grade bei den technischen Anwendungen der Selbststeuerung).

Der Versuch kann auch zur Erläuterung des Prinzips der Selbststeuerung hochfrequenter Kreise mit dem trägheitslosen Elektronenschalter dienen.

P.

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Neue Forschungen zur Atomzertrümmerung. Orig.-Ber. von A. WENZEL.

Der Atomkern, jenes konzentrierte Massengebilde, das als Zentralkörper der die Atomschale bildenden plastischen Elektronen anzusehen ist, ist trotz zahlreicher Versuche bisher in seinem Aufbau noch nicht aufgedeckt worden. Zwar wissen wir, daß der Kern nahezu die gesamte Masse des Atoms trotz seiner im Verhältnis zum ganzen Atom überaus geringen Größe enthält. Zwar kennen wir nach dem Moseleyschen Gesetz auch seine Ladung, über die Art und die Verteilung seiner Bausteine aber sind wir auch heute noch im unklaren. Daß Elektronen und α-Strahlteilchen, d. s. Heliumatomkerne, daran beteiligt sind, ist durch die Beobachtungen an radioaktiven Körpern sehr wahrscheinlich gemacht worden. Denn bei der ganzen Umwandlung des Uranatoms in Blei z. B. spalten sich 8 α-Strahlteichen und 6 Elektronen ab. Da also Heliumkerne und Elektronen wahrscheinlich selbständige Bestandteile der Kerne radioaktiver Substanzen sind, konnte man annehmen, daß sie ebenso auch Bausteine stabiler Atome sind. Die Vermutung, auch die leichtesten Atomkerne, die des Wasserstoffs, könnten nebenher noch dazu gehören, war dadurch begründet, daß die Atomgewichtszahlen aufeinanderfolgender Elemente nicht durchweg die Differenz 4 (Atomgewicht des He) haben, wie man beim Abspalten eines Heliumkerns erwarten müßte. Den ersten experimentellen Nachweis von H-Kernen in einigen leichten Elementen hat RUTHERFORD erbracht. Über seine ersten Versuche, mittels schneller α-Strahlenteilchen Atomkerne zu zertrümmern, wurde schon früher an dieser Stelle berichtet (1). RUTHERFORD kam auf Grund seiner damaligen (1920) Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß ein bisher unbekannter Atomkern,

den er X_3 nannte, am Aufbau der leichten Elemente beteiligt sei.

Inzwischen hat RUTHERFORD durch genauere Reichweitenmessungen nachgewiesen, daß diese X_3-Teilchen nicht existieren, sondern vielmehr H-Kerne von großer Reichweite vorhanden sind. Bei der ursprünglichen Versuchsanordnung waren zuverlässige Messungen nur außerhalb der Reichweiten der H-Teilchen (30 cm in Luft) möglich, die durch Aufprallen der α-Teilchen auf Wasserstoffatome entstehen, die als Verunreinigung im Untersuchungsmaterial vorhanden sein können. Unter der inzwischen als richtig bestätigten Annahme, daß die bei der Zertrümmerung freiwerdenden Teilchen nach allen Richtungen ausgesandt werden, beobachteten neuerdings E. RUTHERFORD und J. CHADWICK (2) die Produkte der Atomzertrümmerung der Untersuchungssubstanz senkrecht zum Primär-α-Strahl. Der Zinksulfidschirm, auf dem sich die Strahlen durch Scintillation kund tun, wird durch Schirme sorgfältig vor direkter Bestrahlung vom Ra-C-Präparat aus geschützt.

Da das Ra-C für diese Versuche in größeren Mengen benötigt wird, hat PETTERSSON (3) eine Methode ausgearbeitet, um den aktiven Ra-C-Niederschlag aus einer großen Menge Ra-Emanation in möglichst hoher Ausbeute zu gewinnen. Er kondensiert die Emanation mittels flüssiger Luft auf der zu aktivierenden Platte und entfernt dann die nicht in Ra-C verwandelte Emanation durch Erwärmen. Besonders günstig werden die Ausbeuten, wenn er auf die gefrorene Emanation ein ganz dünnes Aluminiumplättchen (1 μ Dicke) legt, das zwar die α-Strahlen ungeschwächt hindurchläßt, aber die abgestoßenen Atome auf dem Blech zurückhält und die Umgebung vor radioaktiver Verseuchung schützt. Da das Ra-C auch so noch rasch zerfällt, haben KIRSCH und PETTERSSON (4) ein besonderes Atomzertrümmerungsgefäß in folgender Weise konstruiert. Sie benützen Hartglas- oder Quarzkapillaren von 70—90 μ Wandstärke und 1—2 mm Durchmesser, in die sie die Untersuchungssubstanz als dünne Folie so einführen oder als Pulver in dünner an der Wand anliegenden Schicht so anbringen, daß die Hälfte der Röhre für Kontrollmessungen freibleibt. Bei 200°—300°C wird dann die Kapillare evakuiert und schließlich mit trockener Radiumemanation gefüllt und zugeschmolzen. Da sich das Material der Röhren, speziell auch der Quarzröhren, als zertrümmerbar erwies, konstruierten sie folgendes „Atomzertrümmerungsgefäß". Ein kleiner quaderförmiger Messing- oder Goldkasten enthält im Boden einen Schlitz der mit einer Kupferfolie fest verschlossen ist. Er ist durch 4 vertikale Wände, die nicht ganz bis zum Deckel reichen, in 4 Fächer und eine Vorkammer geteilt. In 3 Fächern wird die Kupferfolie mit einer dünnen Schicht der zu untersuchenden Substanz überzogen, während die vierte Kammer zu Vergleichsmessungen frei bleibt. Dann wird der kleine Apparat gut getrocknet und mit Radiumemanation gefüllt. Die α-Strahlen des sich aus der Emanation bildenden RaC zertrümmern die Atome der Untersuchungssubstanz. Die entstehenden H-Strahlen durchdringen die Kupferfolie und erregen die Zinksulfidschicht darunter zum Scintillieren. Mit einem besonders lichtstarken Mikroskop neuer Konstruktion werden dann die auf einem Zinksulfidschirm erzeugten Scintillationen gezählt, die von den Fragmenten der zertrümmerten Atome herrühren. Um auch Partikel sehr kleiner Reichweite zu bekommen und doch den direkt vom Ra-C stammenden α-Strahlen zu entgehen, beobachteten die beiden Forscher die Ausstrahlung der zertrümmerten Atome senkrecht und neuerdings auch in entgegengesetzter Richtung zur Primärstrahlung in reinem Helium, ähnlich wie es RUTHERFORD und CHADWICK auch tun.

Wie KIRSCH und PETTERSSON in Übereinstimmung mit RUTHERFORD fanden, treten bei vielen Elementen Wasserstoffkerne mit großer Geschwindigkeit aus dem Atomkernverband aus, wenn der Kern von schnellen α-Strahlen getroffen wird. Die Austreibungsgeschwindigkeit der H-Kerne hängt nur von der Geschwindigkeit der primären α-Strahlen und der Natur des Atoms ab. Wesentlich für die obigen Untersuchungsmethoden ist die schon erwähnte Tatsache, daß die H-Kerne nach allen Richtungen ausgestoßen werden, was auf einen explosiven Vorgang beim Aufprallen eines α-Strahlteilchens auf den Kern schließen läßt. Auch ist die theoretisch berechnete Energie der H-Strahlen beim Aluminium nach RUTHERFORDS Untersuchungen ca. 1,4 mal so groß als die der einfallenden α-Strahlen.

Die bisherigen Beobachtungen über das Herausschleudern von H-Partikelchen aus Atomen sind in nachstehender Übersicht zusammengestellt, wobei neben den Atomgewichten auch in der 3. Spalte die Reichweiten der beobachteten H-Strahlen und bei einigen Elementen in der 4. auch ihr Verhältnis zu der Zahl der primären α-Strahlteilchen angegeben ist. In der letzten Spalte weisen die Buchstaben R. u. C., bzw. K. u. P. auf die Namen der Beobachter hin. Negatives Ergebnis hatten bis jetzt die Versuche RUTHERFORDS und CHADWICKS mit H, He, C (bei dem KIRSCH und PETTERSSON H-Strahlen von 6 cm Reichweite gefunden haben), O, Ni, Cu, Zn, Se, Kr, Mo, Pd, Ag, Sn, Xe, Au und U.

Bei zwei Elementen haben KIRSCH und PETTERSSON die Ausstrahlung von α-Strahlen mit größerer Reichweite nachgewiesen als die der α-Strahlen von Ra-C ist. Sie beobachteten nämlich beim Sauerstoff α-Strahlen von ca. 9 cm Reichweite, deren Anzahl zu der der primär eingestrahlten α-Teilchen vom Ra-C im Verhältnis von ca. $6 \cdot 10^{-5}$ steht, womit sie eine Beobachtung RUTHERFORDS bestätigten, der sie als weitreichende Primär-α-strahlen dem RaC zuschrieb. Ferner fanden sie sekundäre α-Strahlen von 11,2 cm Reichweite, deren Verhältnis zu den Primärstrahlen $4{,}5 \cdot 10^{-5}$ beträgt.

Der Ansicht von KIRSCH und PETTERSSON, daß der Wasserstoffkern ein weit verbreiteter Baustein der Atomkerne ist, traten BATES und

ROGERS (5) auf Grund von Reichweitenmessungen mit α-Strahlen entgegen, die sie im Rutherfordschen Institut vornahmen. Beim aktiven Niederschlag des Radiums fanden sie beispielsweise für je 10^7 ausgesandte α-Strahlenteilchen solche von der Reichweite 9,3 cm 380 Partikel, von 11,1 cm Reichweite noch 126 und bei 13,2 cm noch 65 Teilchen. Beim Niederschlag des Aktiniums fanden sie von 10^6 ausgesandten α-Teilchen der Reichweite 8,6 cm noch 220 von 11,5 cm, 47 von 15 cm und 35 von 18,3 cm Reichweite. Daß es sich hierbei auch wirklich um α-Strahlenteilchen handelte, haben die beiden Forscher nach den von RUTHERFORD angegebenen magnetischen Ablenkungsversuchen nachgewiesen. Auf Grund dieser Versuche glaubten sie, daß die von KIRSCH und PETTERSSON gefundenen sekundären α-Strahlen und die H-Strahlen beim Si, Be, Mg, und Li, soweit ihre Reichweite nicht größer als 13,2 cm, der größten von ihnen an α-Strahlen beobachteten, ist, nur weitreichende primäre α-Strahlen seien.

Übersicht der bisher zertrümmerten Atomkerne.

Element	Atomgewicht	Reichweite der H-Strahlen	Verhältnis H-Strahlen / α-Strahlen	Beobachter
Li	6,94	10 cm	—	K. u. P.
Be	9,1	12 „	10^{-5}	„
B	11,0	58 „	—	R. u. C.
C	12	6 „	$2 \cdot 10^{-5}$	K. u. P.
N	14,01	40 „	—	R. u. C.
Ne	20,2	16 „	—	„
Na	23,0	42 „	—	„
Mg	24,32	13 „	$6 \cdot 10^{-6}$	K. u. P.
Al	27,1	90 „	—	R. u. C.
Si	28,3	18 „	$6 \cdot 10^{-6}$	K. u. P.
P	31,04	65 „	$6 \cdot 40^{-6}$	R. u. C.
S	32,0	18—30 „	ca. $6 \cdot 10^{-6}$	„
Cl	35,46	20 „	—	„
K	39,10	18—30 „	—	„
Ar	39,88	18—30 „	—	„

Um eine Entscheidung über diese Streitfrage herbeizuführen, sind im Wiener Institut für Radiumforschung Versuche von MICHAELOVA und PETTERSSON (6) im Gange, die es gestatten, mit Hilfe eines Vergleichsokulars das Helligkeitsverhältnis der Scintillationen zweier verschiedener Strahlungsquellen gleichzeitig festzustellen. Beispielsweise wurde die Helligkeit der Scintillationen, die durch H-Strahlen aus Wasserstoffgas und die durch α-Strahlen des Poloniums hervorgerufen werden, dadurch miteinander verglichen, daß die Helligkeit der α-Strahlenscintillation durch eingeschobenene Graugläser bekannter Absorption so geschwächt wird, daß beide gleich hell erscheinen. Ihr Helligkeitsverhältnis ist so auf 1 : 3 festgestellt worden.

Anderseits hat zu demselben Zweck D. PETTERSSON (7) Versuche zur direkten Messung der Reichweiten der α-Strahlen von Ra-C angestellt. Nach der Kondensationsmethode hergestelltes RaC wurde mit einem Goldblättchen bedeckt. Hierbei fanden sich keine α-Strahlen mit einer Reichweite, die größer als 9,2 cm war. Wurde als Absorptionsschicht statt des Au-Blättchens ein solches aus Cu benutzt, so traten H-Strahlen großer Reichweite auf, wie sie auch von BATES und ROGERS gefunden wurden. Aber von α-Strahlen mit einer Reichweite von mehr als 7,5 cm war keine Spur vorhanden. Daher hält es D. PETTERSSON für sehr unwahrscheinlich, daß es α-Strahlen des RaC von größerer als 7,5 cm Reichweite gibt. Unter diesen Umständen bleiben KIRSCH und PETTERSSON bei der Annahme, daß beim Sauerstoff und Stickstoff neben den H-Strahlen wirklich α-Partikel, d. h. Heliumatomkerne als Produkte des künstlichen Atomzerfalls auftreten.

Nach KIRSCH und PETTTRSSON scheint doch die Zertrümmerbarkeit der Atomkerne eine allgemeine Eigenschaft der Elemente zu sein, wie KIRSCH auf der 88. Naturforscherversammlung in Innsbruck 1924 betont hat. Über den Bau des Kernes haben verschiedene Forscher hypothetische Bilder entwickelt, so L. MEITNER, C. NEUBURGER, L. ZEHNDER u. a. Keines von diesen ist bisher durch ein Experiment als das richtige erwiesen. Es sei daher auf ihre Wiedergabe an dieser Stelle noch verzichtet. So viel geht aber doch aus obigen Versuchen hervor, daß der Wasserstoffkern oder, wie RUTHERFORD ihn nennt, das Proton zu den grundlegenden Baueinheiten der Atomkerne gehört. Ob der Heliumkern eine sekundäre oder eine primäre Baueinheit darstellt, müssen erst künftige Untersuchungen lehren.

Auf die energetischen Beziehungen einzugehen erübrigt sich, da hierüber an der Hand eines Vortrages von RUTHERFORD schon in dieser Zeitschrift (8) berichtet worden ist. Erwähnt sei hier nur, daß die zur Absprengung von Kernbausteinen nötige Energie auch in anderer Form als durch die α-Strahlenteilchen des RaC aufgebracht werden kann, wie die neueste Entdeckung von A. MIETHE zu zeigen scheint. Nach vorläufigen Mitteilungen von A. MIETHE (9) und H. STAMMREICH (10) ist es diesen beiden Forschern gelungen, den Zerfall des Hg-Atoms in Gold nachzuweisen, wobei Wasserstoff oder Helium nach den mutmaßlichen Gleichungen

$$Hg_{(201)} - 4\,H_{(4)} = Au_{(197)}$$

oder

$$Hg_{(201)} - He_{(4)} = Au_{(197)}$$

frei wird. Diese Gase hierbei nachzuweisen ist noch nicht gelungen. Ob es sich hierbei um einen Zerfall des Atomkerns bei höherer Temperatur, ähnlich dem der radioaktiven Stoffe bei Zimmertemperatur handelt, oder ob hier eine Zertrümmerung unter dem Einfluß von hoher Energieauslösung elektrischer Natur vorliegt, können die beiden Forscher nicht entscheiden, da der energetische Verlauf des Vorgangs noch gänzlich unaufgeklärt ist. Es läßt sich nach den bisherigen Mitteilungen nur soviel sagen, daß sie bei hoher Überlastung einer Quecksilberdampflampe von JAENICKE nach ca. 200 Stunden einen schwarzen Rückstand in dem reinen Quecksilber

bekamen, wie ihn der Konstrukteur der Lampe und auch H. LOOSLI (11) beim Arbeiten mit einem Hg-Dampfgleichrichter schon beobachtet, doch nicht weiter untersucht haben. Der nach langlangsamem Abdestillieren des Quecksilbers der Lampe gewonnene Rückstand enthielt nach genauen analytischen Methoden von F. HABER $8{,}2 \cdot 10^{-5}$ g Au, während das eingefüllte Hg sowohl wie das Quarzrohr und die Elektroden keine Spur von Au enthalten hatten. Daß diese geringe Menge wirklich Gold war, ließ sich durch physikalische Beobachtungen feststellen (Farbe, Kristallform, Reststrahlenreflektionsfarbe, Geschmeidigkeit etc.).

Literaturübersicht:

1. Diese Zeitschrift 34. 173. 1921.
2. E. Rutherford u. J. Chadwik. Nature 113. 457. 1924. Phil. Mag. (6) 42. 809. 1921. 44. 417. 1922.
3. H. Pettersson, Wien. Ber. 132. 55. 1923.
4. G. Kirsch u. H. Pettersson. Phil. Mag. (6) 47. 500. 1924. Die Naturw. 12. 388 u. 464. 1924. Wien. Anz. 1923. 124. Phys. Zeitschr. 25. 588. 1924.
5. F. Bates u. S. Rogers, Nature 112. 435 u. 938. 1923. Proc. Lon. Soc. A. 105. 97 u. 360. 1924.
6. K. Michaelova und H. Pettersson, Naturw. 12. 388. 924. Phys. Zeitschr. 25. 595. 1924.
7. D. Pettersson, Naturw. 12. 389. 1924.
8. E. Rutherford, Naturw. 12. 1. 1924. Vgl. auch diese Zeitschrift 37. 126. 924.
9. A. Miethe, Die Naturw. 12. 597. 1924.
10. H. Stammreich, Die Naturw. 12. 714. 1924.
11. H. Loosli, Die Naturw. 12. 706, 1924.

Atomstrahlen. Nach W. GERLACH, Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften, Band III, S. 182—198.

Von dem Amerikaner W. A. ANTHONY wurde 1894 beobachtet, daß die innere Glaswand einer Kohlenfadenglühlampe sich mit einem Metallspiegel bedeckte, wenn die Stelle, wo der Kohlenfaden mit der Platineinschmelzung über eine kleine Verkupferungsübergangsschicht verbunden war, bei Stromdurchgang brach. Aus dem kleinen sich bildenden Lichtbogen verdampfte das Kupfer und gab beim Niederschlagen auf der Glaswand den Spiegel. War das Vakuum hoch, so war der Spiegel an den Stellen unterbrochen, an die wegen der Schattenwirkung des ungebrochenen Fadens kein Kupfer gelangen konnte. ANTHONY erklärte den scharfen Schatten durch die geradlinige Fortpflanzung der aus dem Bogen heraus verdampfenden und ungestört fortfliegenden Atome. Ähnliche Versuche wurden von L. DUNOYER *(C. R. nd. 1911)* angestellt. Er ließ Natrium in einem engen sehr gut evakuierten Glasrohr bei 400° verdampfen; die Atome durchsetzten vermöge ihrer Temperaturbewegung zwei enge Blenden und bildeten, an der Endwand des Rohres sich kondensierend, einen Metallspiegel von solcher Form und Größe wie der Lichtfleck, den ein Lichtstrahl auf demselben Wege erzeugen würde. Ein in den Weg des Atomstrahls gebrachter fester Körper warf einen Schatten, durch den eine nicht verspiegelte Fläche abgegrenzt wurde. War das Vakuum weniger gut, so wurde die Grenze des Niederschlags verwaschen und diffus. Durch diesen Versuch wird also die geradlinige Bahn des einzelnen ungestört fliegenden Atoms (der Atomstrahl) bewiesen und auch die Störung der Geradlinigkeit infolge von Zusammenstößen mit anderen Atomen dargetan. Dasselbe wurde auch durch Verdampfung von Antimon erwiesen; L. DUNOYER konnte auch die geradlinigen Atomstrahlen von Natrium direkt sichtbar machen, indem er einen Natriumlichtstrahl senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung der ersteren hindurchschickte. Die Natriumatome der Atomstrahlen wurden durch den Lichtstrahl zur Resonanz angeregt und kamen zum Leuchten. Noch leichter gelingt die Anregung über zwei in Seitenrohre eingeschmolzene Elektroden, an die ein kleines Induktorium gelegt ist.

Über die Umstände, die zum Haften der ausgestrahlten Atome an den gegenüberstehenden Flächen oder zur Reflexion an diesen führen, sind die Versuche noch nicht abgeschlossen. In betreff des Einflusses des Siedepunktes bzw. des Dampfdrucks der Atomstrahlensubstanz und der Temperatur der Auffangflächen läßt sich sagen, daß die Atomstrahlen aller Elemente, deren Siedepunkt über 1500° liegen, auf Glasflächen von Zimmertemperatur haften bleiben, so von As, Cu, Au, Sn, Fe, Ni. Dagegen Substanzen, die zwischen 1300° und 1500° sieden, wie Bi, Sb, Pb, Tl, verlangten Abkühlung, die in der Regel bis auf —150° herabging. Auch Manganatomstrahlen bleiben nur an gekühlten Flächen haften, was auf einen niedrigen Schmelzpunkt schließen läßt.

Über die Form und besonders die Dicke der durch Atomstrahlen gewonnenen Metallniederschläge liegen Versuche von VOLMER und ESTERMANN, sowie von KAHLER, GERLACH u. a. vor. Es bilden sich zunächst nur einzelne Kriställchen ohne oder mit ganz losem Zusammenhang, die anfänglich getrennt wachsen und erst nach Überschreitung einer bestimmten Dicke zusammenwachsen. Jedes auffallende Atom bleibt (bei ausbleibender Reflexion) auf der Oberfläche, jedoch keineswegs an der Stelle, auf die es zuerst auftraf, sondern es bewegt sich hin und her, bis es auf ein anderes Atom trifft, mit dem es verschmilzt, wobei die Bewegung geringer wird, und so fort, bis sich ein ruhender Kristallisationskern gebildet hat, an den sich nun andere Atome anlagern. Bei der Reflexion handelt es sich um eine Art „Wiederverdampfung"; bei sehr großer Strahldichte können die reflektierten mit den ankommenden Atomen zusammenstoßen und mit letzteren zur Auffangfläche zurückgeworfen werden. Interessant ist, daß sich selbst unsichtbare Metallniederschläge auf nicht metallischer Unterlage „physikalisch entwickeln", d. h. soweit verdicken lassen, daß sie sichtbar werden. Die Platte wird dazu in eine 1—2%-ige Hydrochinonlösung gebracht, die mit Gummi arabicum oder Dextrin versetzt ist, und dann einige Tropfen einer 1%-igen Silbernitratlösung zugesetzt. Dann schlägt sich das atomar ausfallende Silber nur an den Stellen nieder, an denen schon Metallniederschlag vorhanden ist. So ist es gelungen Ag, Cu, Au, Sn, Mn, Bi, Pb, Sb, Tl zu entwickeln. Die niedrigste noch entwickelbare Silberschicht hatte die Dicke 2×10^{-9} cm, die entsprechende

„atomare“ Silberschichtdicke war $2{,}6 \times 10^{-8}$ cm, die Dicke der ohne Entwicklung sichtbaren Schicht $5{,}1 \times 10^{-8}$ cm.

Die thermische Molekulargeschwindigkeit und die freie Weglänge von Atomen zu messen ist erst O. STERN (1920) und M. BORN (1920) gelungen. Ersterer ließ den Raum, in den die Atomstrahlen eintraten, rotieren, so daß der Niederschlag auf der Wand sich um ein Stück verschoben zeigte. Aus der Verschiebung ließ sich die Geschwindigkeit des Atomstrahls berechnen. Da es sich um einen Vakuumversuch und hohe Tourenzahl handelte, so war die Apparatur (vgl. a. a. O) ziemlich kunstvoll. Da der Niederschlag im Gegensatz zu dem bei ruhendem Apparat verwaschene Ränder zeigte, so war auch die Maxwellsche Geschwindigkeitsverteiluug damit demonstriert. Die kinetische Theorie verlangt für Silber 584 m. sec^{-1}, womit die Versuche gut übereinstimmten.

Zur Bestimmung der freien Weglänge benutzte BORN eine schon 1912 von J. FRANCK und und G. HERTZ ausgeführte Methode. Sie beruht darauf, daß man Luft von gemessenem Drucke in einen von Atomstrahlen durchsetzten und mit Blenden versehenen Raum einläßt. Ein Teil der Atome wird dabei durch Zusammenstöße aus der geraden Bahn abgelenkt und fällt nicht mehr auf die abblendenden Blättchen. Daraus läßt sich ebenfalls ein Wert der freien Weglänge berechnen, der der Größenordnung nach auch mit dem von der Maxwellschen Theorie geforderten übereinstimmt. In weiteren Versuchen von BORN und BIELZ wurde die Dicke der Silberschichten auf interferometrischem Wege gemessen. Neben den bekannten Versuchen von PERRIN sind diese „die bis heute direktesten experimentellen Beweise für die atomistische Theorie“. Die Versuche sollen demnächst auf eine größere Zahl anderer Elemente ausgedehnt werden. *P.*

4. *Unterricht und Methode.*

Physik und Chemie an der sechsklassigen Realschule. Eine Anzahl angesehener Realschulmänner hat sich unter der Führung des Studiendirektors Dr. G. LOUIS zusammengetan, um sich über das Bildungsziel der Realschule und die daraus für die einzelnen Fächer erwachsenden Aufgaben zu verständigen. Das Ergebnis der Beratungen kam auf einer Tagung im Herbst 1923 zu Berlin zur Erörterung und liegt jetzt in einer Schrift abgeschlossen vor[1]). Die Schrift umfaßt eine Reihe von Aufsätzen über Schulgestaltungsarbeit (L. PALLAT), das Bildungsziel der Realschule im Umriß (G. LOUIS), die Aufgaben der einzelnen Lehrfächer der Realschule im Rahmen ihrer Bildungsziele (von einer Reihe von Mitarbeitern), endlich über die Lehrverfassung der Realschule und ihre Stellung im Rahmen des deutschen Schulwesens (G. LOUIS).

In dem einführenden Aufsatz bestimmt der Herausgeber die Eigenart der Realschule als einer unentbehrlichen Schulform, die durch die Zeitumstände nur eine erhöhte Bedeutung gewonnen habe. Die Realschule soll keine Gelehrten heranbilden, „aber sie muß die Jugend in den Stand setzen sich in einer Welt zurechtzufinden, die mit ihren Einrichtungen und Gepflogenheiten . . . nur auf Grund erweiterten und vertieften Wissens verständlich ist“. Dieses Wissen wird genau charakterisiert, es schließt auch, mit einer gewissen Begrenzung, die Erziehung zu wissenschaftlichem Denken ein. Im besonderen gehen Mathematik und Naturwissenschaften zwar von Tatsachen der Wirklichkeit aus, üben aber zugleich ständig die Fähigkeit, das Wirkliche mit reinen Denkgebilden zu erfassen und zu beherrschen, ohne doch über die Grenzen hinauszugehen, hinter denen die eigentlich wissenschaftlichen Probleme beginnen.

[1]) Die Realschule. Im Auftrage des Zentralinstituts für Erziehung und Unterricht. Herausgegeben von Gustav Louis, 163 S. Leipzig, Quelle und Meyer 1924.

Dieser Grundgedanke findet in den Einzelaufsätzen genauere Ausführung. In dem Aufsatz über Physik von G. LOUIS (S. 130—137) wird daran erinnert, daß der Unterricht in diesem Fache bereits in der Kl. III beginnt (was auch für die Vollanstalten wünschenswert wäre). Betont wird die Bedeutung des Experiments und besonders auch der physikalischen Schülerübungen. Über das logisch-didaktische Problem, das der Physikunterricht birgt, spricht sich der Verfasser eingehender aus. Das urwüchsige Bild der Umwelt bleibt im ganzen erhalten; aber der Unterricht führt doch überall zu einer schärferen Erfassung der Tatbestände und ihrer Zusammenhänge, so wenn er den Körpern räumliche Ausdehnung und Undurchdringlichkeit beilegt, wenn er die Geschwindigkeit definiert oder an einem Ton Höhe, Stärke und Klangfarbe unterscheidet. Hier und da müssen die elementarsten Denkmittel erst erzeugt werden, so in der Elektrizitätslehre; darum ist es nicht zu billigen, wenn der Unterricht mit diesem Gebiet begonnen wird. Wichtiger ist, daß zunächst einmal bekannte Vorgänge genauer aufgefaßt werden, wie die Ausdehnung der Körper durch die Wärme, der Übergang eines Aggregatzustandes in einen anderen u. dgl. m.

Eine grundsätzliche Umstellung des Denkens über physikalische Dinge tritt ein mit der scharfen Heraushebung des Gedankens der Naturgesetzlichkeit. Das Denken wird in straffere Zucht genommen, wenn auch der Übergang sich an einigen Stellen (Hebelgesetz, schiefe Ebene) fast unmerklich vollzieht. Induktives und deduktives Denken treten nebeneinander auf, von denen das erstere auf der Realschule noch die Hauptrolle spielen wird. Beispiel eines deduktiven Verfahrens ist die Erklärung des Bildes im ebenen Spiegel aus der geradlinigen Fortpflanzung des Lichtes oder Stevins Beweis für die Unabhängigkeit des Bodendrucks von der Gestalt des Gefäßes. Auch die galileische Behandlung der Fallgesetze schließt

deduktive Elemente ein (an Vollanstalten bleibt dieses Gebiet besser der Oberstufe vorbehalten).

Durch die Herausarbeitung der Gesetzmäßigkeiten bekommt die physikalische Wirklichkeit ein verändertes Gepräge, weitreichende Zusammenhänge erschließen sich auf jedem Gebiet, eine bestimmte Gliederung stellt sich ein, Begriffssymbole dienen zur Beherrschung verwandter Erscheinungen. Weiter lehrt die Physik eine ganze Fülle von Dingen kennen, die der Fortschritt des physikalischen Erkennens selbst erst erzeugt hat; so namentlich die durch vollkommnere Instrumente gewonnenen Kenntnisse von sonst unwahrnehmbaren Dingen. Es treten hierzu die Mittel, physikalische Kräfte in größerer Menge zu gewinnen, und auch die Naturkräfte in den Dienst des Menschen zu stellen. So wird der Bereich der Umwelt, den der Schüler mit seinem Denken beherrschen lernt, beständig erweitert; er wird schließlich bis an den Gedanken der Einheitlichkeit der Naturkräfte herangeführt: Die Begriffe der mechanischen Arbeit, der kinetischen und der potentiellen Energie bleiben noch innerhalb dieses Rahmens. Dagegen will der Verfasser die Ausdehnung des Energiebegriffs auf die Gebiete der Wärme und der Elektrizität an der Realschule ausgeschlossen wissen. Ob dies ganz angängig sein wird? Wenn schon die Einheitlichkeit der Naturkräfte zur Sprache kommen soll, so wird man an dem mechanischen Wärmeäquivalent in der experimentellen Festlegung durch JOULE nicht ganz vorbeigehen dürfen und den Begriff der elektrischen Energie wenigstens streifen müssen. Das Problem der modernen Verdinglichung der Energie freilich bleibt ja auch für den wissenschaftlich höher Gebildeten ein Rätsel. Noch ferner liegt dem Schüler nach der Meinung des Verfassers die Entdeckung, daß der Schall außer uns als Luftschwingung besteht. Hier hilft, wenn überhaupt das Problem angeschnitten wird, nur der Hinweis, daß es sich um einen wenn auch rätselhaften kausalen Zusammenhang zwischen mechanischem Vorgang und Schallempfindung handelt.

Insofern die Physik in ihren sachlichen Feststellungen an den menschlichen Interessen orientiert ist, hat die Schulphysik einen eigentümlich unsystematischen Charakter, der erst auf der Oberstufe der Vollanstalten bis zu einem gewissen Grade behoben werden kann. Auf eine Überwindung des anthropozentrischen Weltbildes hinzuweisen gibt die kopernikanische Lehre Anlaß. Über den Gegensatz von mechanistischer und vitalistischer Anschauung kann eine Besinnung darüber, wodurch sich ein Organismus von einer Maschine unterscheidet, Aufschluß geben. Damit ist das äußerste erreicht, was die Realschule ihren Schülern mitgeben kann.

Dieser kurze Bericht wird erkennen lassen, wie wertvoll die Anregungen sind, die der Aufsatz bietet, der wohl geeignet ist, dem vielfach üblichen Hinwegstömpern über die eigentlichen Bildungsaufgaben des Physikunterrichts entgegenzuwirken und zum Nachdenken über diese Aufgaben anzuregen.

Der Aufsatz über Chemie von B. LEISERING hat mit dem Notstand zu rechnen, daß für dieses Fach nur ein einjähriger Unterricht von wöchentlich 2 Stunden vorgesehen ist. Hier ist darum Beschränkung auf das Notwendigste geboten und überdies die Mithilfe der anderen naturwissenschaftlichen Fächer erwünscht. Das Lehrziel ist in formaler Hinsicht Verständnis für das Wesen chemischer Erscheinungen und für ihre Bedeutung im Haushalt der Natur und des Menschen; in materialer Kenntnis der wichtigsten chemischen Elemente, ihrer hauptsächlichsten Verbindungen und einiger Mineralien. In ersterer Hinsicht kommt es auf die Hauptformen der Reaktionen, also Zerlegung und Aufbau, sowie wechselseitige Umsetzung an (Analyse, Synthese, Substitution). Die Reaktionstypen der Oxydation und Reduktion werden immer wiederkehren; der Charakter der Oxyde ist klar zu stellen, insbesondere der Gegensatz von Säuren und Basen und der Sinn für die Gesetzmäßigkeiten, die an diese geknüpft sind, zu erschließen. Die chemischen Symbole sind zeitig einzuführen, die Atomchemie heranzuziehen; auch die Avogadrosche Hypothese empfiehlt der Verfasser nicht zu übergehen. Einzelne stöchiometrische Rechnungen sollen nicht fehlen, um dem Schüler auch die quantitative Beherrschung der Vorgänge zum Bewußtsein zu bringen. Ob auch die Energieverhältnisse, insbesondere die Wärmetönungen chemischer Reaktionen zu berücksichtigen sind, wie der Verfasser will, mag dahingestellt bleiben. Die Theorie der elektrolytischen Dissoziation, Gesetz der Lösungen, des osmotischen Drucks usw. sieht auch er als über den Rahmen des Möglichen und Notwendigen hinausgehend an.

Für die Auswahl des Stoffes wird der Grundsatz aufgestellt: Keine chemische Verbindung, keine Reaktion ist an sich so wichtig, daß sie in den Unterricht der Realschule gehört, außer wenn sie entweder für das Verständnis chemischer Verhältnisse überhaupt wichtig ist (z B. die Stickoxyde, Phosphoroxyde, Natriumoxyde, Schwefeltrioxyd neben Schwefeldioxyd), oder wenn sie Beziehung zu den übrigen Naturwissenschaften hat und somit zur Abrundung des naturwissenschaftlichen Weltbildes dient (z. B. die für die Pflanzen wichtigen Chemikalien, der Kreislauf des Calciums), drittens wenn sie im Haushalt des Menschen, in Technik und Volkswirtschaft von Bedeutung ist (wie Kohle und Eisen, vielleicht auch Fette und Seifen; Kalk und Mörtel, Photographie). Vor allzu genauem Eingehen auf Einzelheiten der Technik wird mit Recht gewarnt. Auch mit vielen chemischen Einzelheiten, die sich in Lehrbüchern immer noch breit machen, muß aufgeräumt werden. Es kommt nur darauf an, weniges und wichtiges, dies aber gründlich durchzunehmen; diesem Grundsatz kann man nur zustimmen. Auch Geologie und Mineralogie können bei der Kürze der zugewiesenen Zeit nur nebenher berührt werden. Von praktischen Schülerübungen muß aus mehrfachen Gründen bedauerlicherweise fast ganz abgesehen werden. Ein selbst so stark eingeschränkter chemischer Unterricht wird immerhin im Stande sein, auf seine Weise zum Bildungsziel der Realschule mitzuwirken. *P.*

5. *Technik und mechanische Praxis.*

Der Flettner-Rotor. Die von ANTON FLETTNER, Direktor des Institut voor Aero- en Hydro-Dynamick in Amsterdam, erfundene Steuerung des Windantriebs von Schiffen läßt sich auf eine Entdeckung des Berliner Physikers GUSTAV MAGNUS zurückführen, die bereits 1853 veröffentlicht worden ist [1]). Diese wiederum geht auf ein Problem zurück, das schon 1794 der Berliner Akademie Anlaß zu einem Preisausschreiben gab. Man hatte bei dem Abfeuern der damals gebräuchlichen Rundkugeln eine auffällige unregelmäßige Streuung der Geschosse beobachtet, deren Ursache unbekannt war. Man vermutete nur, daß zwischen der Rohrwand und der Kugel immer noch etwas Spielraum blieb, so daß die Pulvergase zum Teil neben der Kugel entwichen und diese dabei in ganz unbestimmter Weise in Rotation versetzten. Um die Achse dieser Rotation im vornherein festzulegen, wurden von etwa 1830 ab Kugeln mit exzentrischem Schwerpunkt verwandt. Wurde z. B. eine solche Kugel mit dem Schwerpunkt nach oben in das Rohr gelegt und abgefeuert, so wurde sie um eine horizontale Achse von unten über vorn nach oben in Rotation versetzt, da die Pulvergase am geometrischen Mittelpunkt der Kugel angriffen, der in diesem Fall unterhalb des Schwerpunkts lag. Damit war der erwähnten Streuung bis zu einem gewissen Grade vorgebeugt. Die Erklärung für diese gab indessen erst MAGNUS in der erwähnten Veröffentlichung auf Grund des heute nach ihm benannten Magnus-Effekts. Die Erklärung kam in Vergessenheit, da sie durch Einführung der Langgeschosse und des gezogenen Laufes an praktischer Bedeutung verloren hatte.

MAGNUS untersuchte das Verhalten von rotierenden Kugeln und Zylindern unter der Einwirkung eines Luftstromes. Wenn die Luft von links her gegen eine rotierende Kugel strömt und diese im Sinn des Uhrzeigers rotiert (Fig. 1), so ist die Rotationsbewegung an der Oberseite der Kugel mit dem Luftstrom gleichgerichtet, an der Unterseite ihm entgegengerichtet. Der Luftstrom erfährt daher oberhalb eine Erhöhung, unterhalb eine Verminderung seiner Geschwindigkeit. Nun hängen hydraulischer Druck und Geschwindigkeit nach einer von BERNOULLI aufgestellten Gleichung $p + \frac{\varrho v^2}{2} = \text{const.}$ zusammen, worin p den Druck, ϱ die Dichte, v die Geschwindigkeit der Flüssigkeit bedeutet. Die Konstante ist gleich dem „Staudruck“ p_0, der bei ruhender Flüssigkeit vorhanden ist. Der Druck steigt hiernach mit abnehmender, sinkt mit zunehmder Geschwindigkeit. Es tritt daher an der Oberseite ein Unterdruck, an der Unterseite ein Überdruck ein, und die Kugel weicht nach oben aus, wie der punktierte Pfeil andeutet. Man kann den Vorgang auch ganz elementar so deuten, daß an der Oberseite bei vermehrter Strömungsgeschwindigkeit eine Saugwirkung, an der Unterseite bei gestauter Strömung eine Druckwirkung eintritt. Handelt es sich um eine Kanonenkugel, so wirkt die ihr entgegenstehende Luft wie ein die ruhende Kugel treffender Luftstrom. Die Kugel wird je nach dem Sinn ihrer Rotation nach oben oder nach unten von der Wurfbahn abgelenkt. Ähnliche Erscheinungen kann man beim Golf- und Tennisspiel, bei Faust- und Fußballspiel beobachten, wenn man den Bällen beim Schleudern eine Rotation erteilt; so auch an einem aus Papier geklebten Zylinder, den man längs eines um seinen Umfang gewickelten Fadens abrollen läßt u. a. m.

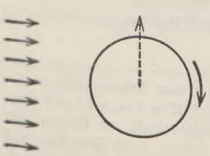


Fig. 1.

Eine systematische Untersuchung der Strömungsverhältnisse bei Zylindern hat seit etwa zwanzig Jahren PRANDTL in Göttingen, der Leiter des dortigen Instituts für Hydro- und Aerodynamik, angestellt. Läßt man Flüssigkeit senkrecht zur Achse gegen einen Zylinder strömen, so ist, wenn zunächst von der Reibung abgesehen wird, der Vorgang der in Fig. 2 dargestellte (und zwar im unteren Teil der Figur der gleiche wie im oberen). Die bei A und oberhalb A auftreffenden Flüssigkeitsteilchen nehmen, auf engen Raum zusammengedrängt, bis B eine größere Geschwindigkeit an und würden bei C in verlangsamtem Gang die ursprüngliche Geschwindigkeit wieder erlangen, wenn sie nicht auf ihrem Wege um den halben Zylinder der Reibung unterworfen wären. Infolge der letzteren aber verlangsamt sich ihre Bewegung und es tritt eine Stauung ein, die zur Wirbelbildung hinter dem Zylinder führt (Fig. 3). Erteilt man aber dem Zylinder eine Rotation, so wird in der oberen Hälfte der Figur die Reibung vermindert oder aufgehoben, in der unteren Hälfte dagegen erhöht. Die Stromlinien werden im oberen Teil aus ihrer wagerechten Richtung abgelenkt, sie erfahren also eine Kraft nach unten; dem entspricht nach dem Gesetz der Wirkung und Gegenwirkung eine auf den Zylinder wirkende Kraft von unten nach oben. Die unterhalb strömende Flüssigkeit nimmt infolge der durch Reibung verursachten Stauung eine stärkere Wirbelbewegung an (Fig. 4). Diese Vorgänge treten ergänzend zu den in Fig. 2 dargestellten hinzu.

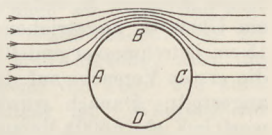


Fig. 2.

Fig. 3.

Die Untersuchungen von PRANDTL waren rein

[1]) Über die Abweichung der Geschosse und über eine auffallende Erscheinung bei rotierenden Körpern, Pogg. Ann. 88 (1853) S. 1—20. Die beiden benutzten Apparate befinden sich noch in der Sammlung des Physikalischen Instituts zu Berlin. Vgl. auch dieses Heft S. 35.

theoretischer Natur. FLETTNER erfuhr von ihnen, als er sich wegen anderer, eine Verbesserung der Segelschiffahrt betreffenden Probleme an das Göttinger Institut gewandt hatte. Es ist das große Verdienst FLETTNERS, sogleich die Bedeutung dieser Untersuchungen für eine ganz neue Möglichkeit des Windantriebs von Schiffen an Stelle der Segel erkannt zu haben. In enger Zusammenarbeit mit dem Göttinger Forscher wurde der Gedanke verwirklicht. Es wurde das Verhältnis der angreifenden Kraft, des sog. Auftriebs, zur Reibung untersucht, dabei ergab sich, daß ein Maximum der Wirkung eintritt, wenn die Umfangsgeschwindigkeit des Zylinders etwa viermal so groß wie die Windgeschwindigkeit ist. Die Versuche ergaben ferner die Notwendigkeit von übergreifenden Abschlußplatten an beiden Enden, wodurch Störungen der Strömungsvorgänge von außen her verhindert wurden. Mit einem kleinen Modellschiff, das einen durch ein Uhrwerk angetriebenen Papierzylinder von 15 cm Durchmesser und 40 cm Höhe trug, wurden die ersten Versuche auf dem Wannsee bei Berlin angestellt. Danach wurde von der Germaniawerft in Kiel ein 600 t-Versuchsschiff, die „Buckau", erbaut, das zwei 15,6 m hohe Zylinder (Rotoren)

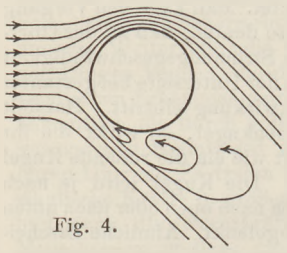


Fig. 4.

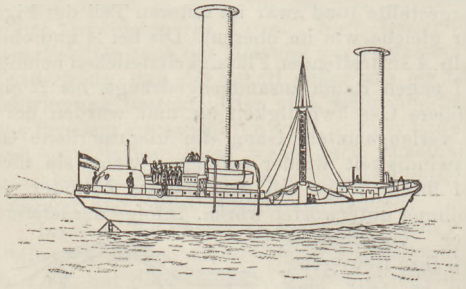


Fig. 5.

von 3 m Durchmesser trug, die unabhängig voneinander nach beiden Richtungen gedreht werden konnten (Fig. 5). Diese Drehung erforderte etwa je 9 PS. und wurde von einem Dieselmotor geliefert; dieser Arbeitsaufwand ist unverhältnismäßig gering gegenüber der aus der Windwirkung herausgeholten Energie. Die Bedienung erfolgte durch den Kapitän von der Kommandobrücke aus mittels zweier Handräder. Bei 6 m Windgeschwindigkeit würde die Umfangsgeschwindigkeit der Rotoren etwa 24 m, ihre Drehzahl also etwa 2 in der Sekunde betragen müssen. Selbst bei einem von schräg vorwärts kommenden Wind ergibt sich noch eine Vortriebskomponente, genau wie beim Segeln schräg gegen den Wind.

Die Vorteile des neuen Rotorschiffes bestehen zunächst in der Ersparnis an Besatzungsmannschaft und an Brennstoff gegenüber der Dampfschiffahrt, dann in der leichten Wendigkeit, die durch entgegengesetzten Umlauf der Rotoren erreicht wird. Man wird auch beim stärksten Orkan, falls nicht nautische Gründe, z. B. hoher Seegang, dagegensprechen, in der Lage sein, die Windkraft ohne Gefährdung des Schiffes auszunützen, dabei ist der Umstand bemerkenswert, daß man durch beliebige Einstellung der Drehzahl der Zylinder die auf das Schiff wirkenden Winddruckkräfte vollständig beherrscht und zwar geschieht dies im Gegensatz zum alten Segelschiff fast augenblicklich. Das Halten und Wenden wird durch Umsteuerung des vorderen oder hinteren Rotors in wirksamer Weise unterstützt. Dabei hat sich gezeigt, daß das Schiff beim Wechseln der Windseite nicht stehen bleibt, sondern „wie eine Jacht" schnell durch den Wind geht. Der Erfinder selbst sagt: „Es war mir von vornherein klar, daß die neue Einrichtung nicht etwa das moderne Dampf- oder Motorschiff verdrängen, sondern daß sie als hochwertiges Supplement zu der hochentwickelten Schiffsmaschine hinzutreten, die Großausnützung der Windkraft auf dem Meere ermöglichen und durch eine sehr hohe Brennstoffersparnis die Wirtschaftlichkeit der Seefahrt außerordentlich erhöhen wird." Man wird solche Triebtürme auch auf Dampf- und Motorschiffe setzen können und damit bei Wind sehr nennenswerte Beträge an Antriebskraft ersparen können. Man kann z. B. auf einem Frachtschiff von 8000 Tonnen mit drei Triebtürmen von je 24 m Höhe und 4 m Durchmesser bei gutem Seitenwind und 100 Umdrehungen der Türme etwa 200 PS. Vortrieb mittels 50 PS. aufgewendeter Drehleistung erzielen (FOERSTER).

Man wird nicht verkennen, daß hier durch die vereinte Arbeit von deutscher Wissenschaft und deutscher Industrie ein Werk geschaffen ist, das der gesamten deutschen Volkswirtschaft zu gute kommen wird. *P.*

Literatur: Die Anwendung der Erkenntnisse der Aerodynamik zum Windantrieb von Schiffen Von A. Flettner, Verhandlg. der schiffsbautech. Gesellschaft zu Berlin, 20. bis 22 Nov. 1924. — Das Flettner-Segel, sein Werden und seine Wirkungsweise Von Dr. B Quarder. D. allgem. Zeitung Nr. 50, 4. Dez. 1924. — Die moderne Entwicklung des Schiffsantriebs. Von E. Foerster. Die Naturwissenschaften, 1924. Heft 49. Man vgl. auch K. Gentil in diesem Heft S, 35.

Aus der neueren Kohlenforschung. Orig.-Bericht von Fr. REQUARD an der Bergschule zu Hamborn.

Unsere Zeit wird mit Recht das „Zeitalter der Kohle" genannt. Ganz besonders ist das Wirtschaftsleben des deutschen Volkes auf diesen so wichtigen Brennstoff angewiesen. Der Kohle gebührt daher eine besondere Stelle im Chemieunterricht, der allein ein wirkliches Verständnis für die mit ihr zusammenhängenden Fragen vermitteln kann. Im folgenden sollen im Hinblick auf neuere Ergebnisse der Forschung und der Technik einige Punkte hervorgehoben werden,

die im Unterricht vielleicht nicht immer genügende Berücksichtigung finden.

Entgegen einer vielfach verbreiteten Ansicht ist unsere Steinkohle nicht mit freiem Kohlenstoff mehr oder weniger identisch, sondern ein Gemenge aus hochmolekularen chemischen Verbindungen, die allerdings prozentisch sehr reich an Kohlenstoff sind. Aus dem Aufbau als Gemisch fester Kohlen-toffverbindungen ergibt sich, daß die Kohle kein Mineral von einheitlicher Zusammensetzung ist wie etwa der Kalkstein, sondern ganz verschiedene Zusammensetzung haben kann. Nach der beigefügten Zusammenstellung von BROOCKMANN, die sich auf die wasser- und aschefreie Kohle, die sogenannte Reinkohle, bezieht, enthalten die Kohlenstoffverbindungen außer Kohlenstoff neben geringen Mengen Stickstoff und Schwefel hauptsächlich Sauerstoff und Wasserstoff. Für den Heizwert der Kohle kommen nur der Kohlenstoff und Wasserstoff in Frage, und zwar ist gerade der Wasserstoff von besonderer Bedeutung, da er in bezug auf sein Gewicht einen sehr hohen Heizwert hat (1 kg C liefert bei der Verbrennung 8100 W.E., 1 kg H dagegen 29000 W.E.). Der Sauerstoff drückt den Gewichtsanteil der brennbaren Substanz herab; denn einmal ist er selbst nicht brennbar und dann findet er sich in der Kohle zum größten Teil an eine äquivalente Gewichtsmenge Wasserstoff in einer Form gebunden vor, die bei der Verbrennung keine Wärme mehr liefern kann. Für den Heizwert ist also nur der nicht an diesen Sauerstoff gebundene „disponible" Wasserstoff $\left(\text{H}\,\% - \frac{\text{O}\,\%}{8}\right)$ maßgebend. Dieser ist am größten bei der als Schmiede- und Küchenkohle verwendeten Essekohle, einer Magerkohle von 90% Kohlenstoff, die daher einen weit höheren Heizwert aufzuweisen hat als Anthrazit mit 98% Kohlenstoff.

Die gekennzeichnete Zusammensetzung der Kohle erlangt größte praktische Bedeutung bei der „Entgasung", durch Erhitzen. Die Hitze ist der Feind großer, aus vielen Atomen aufgebauter Moleküle und zerschlägt diese in viele Teile. Dabei entstehen Bruchstücke von kleiner und solche von mittlerer Molekülgröße. Die ersteren sind Gase wie Wasserstoff, Wasserdampf, Kohlenoxyd, Methan, Äthan usw., die letzteren die den Teer ausmachenden schweren Kohlenwasserstoffe, die bei gewöhnlicher Temperatur flüssig sind und als feiner Nebel oder Dampf entweichen. Man muß sich vor der Auffassung hüten, als ob der Entgasungsvorgang eine glatte, bei einer bestimmten Temperatur eintretende Spaltung in feste und flüchtige Bestandteile sei, wie sie etwa beim Brennen des Kalksteins eintritt. Vielmehr vollzieht er sich über ein großes Temperaturgebiet hinweg, und mit dem Ansteigen der Temperatur ändert sich sowohl die Zusammensetzung der flüchtigen Bestandteile, der sogenannten Schwelgase, wie auch die des festen Rückstandes, des Kokses. Die neuere Tieftemperaturentgasung oder Urverkokung bei 550° ergibt daher ganz andere flüchtige Bestandteile und anderen Koks als die Verkokung in Koksöfen bei 850° oder in Gasretorten bei 1100°. Im ersteren Falle erhalten wir mehr Bruchstücke mittlerer Molekülgröße, also eine höhere Ausbeute an Teer, den „Urteer" (FRANZ FISCHERS), wie auch an Koks, den sog. Halbkoks; im letzteren Falle überwiegen die Bruchstücke kleinerer Molekülgröße, also die brennbaren Gase, während die Teer- wie auch die Koksausbeute geringer ist. Während im Urteer die ungesättigten, aliphatischen Kohlenwasserstoffe überwiegen, enthält der bei höherer Temperatur erzeugte Teer vor allem aromatische Kohlenwasserstoffe. Der Halbkoks unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Koks durch seinen größeren Gehalt an flüchtigen Bestandteilen, der natürlich erheblich geringer ist als der der ursprünglichen Kohle. Die Menge der flüchtigen Bestandteile ist bei den einzelnen Kohlenarten

	Zusammensetzung %			Wärmeeinheiten (theoretisch)	Verdampfung (praktisch)	Koksausbeute	Beschaffenheit des Kokses
	C	H	O	W.E.	kg	%	
Flammkohle . .	80	5	15	7600	9,0	60	gesintert
Gaskohle . . .	82	5	13	7800	9,2	63	gebacken
	84	5	11	8000	9,4	65	„
Kokskohle . .	86	5	9	8300	9,8	70	„
	88	5	7	8500	10,0	75	„
Magerkohle . .	90	5	5	8800	10,4	78	„
	92	4	4	8700	10,2	80	gesintert
Anthrazit . . .	94	3	3	8500	10,0	90	Pulver
	96	2	2	8400	9,9	95	„
	98	1	1	8200	9,6	98	„
Graphit . . .	100	—	—	8100	9,5	100	„

sehr verschieden und bei den „fetten“ Kohlen größer als bei den „mageren“. Allgemein nimmt sie mit dem Gehalt an Kohlenstoff ab, so daß die Anthrazitkohle die wenigsten und die Gasflammkohle die meisten Schwelgase liefert.

Der Entgasungsvorgang ist nun nicht nur für die Gewinnung der flüchtigen Bestandteile wichtig. Er bedingt auch in hohem Maße die Struktur des Kokses. Guter Koks soll zusammengebacken sein. Die Kohle muß beim Erhitzen schmelzen, so daß die benachbarten Teilchen zusammengekittet werden können und einen einheitlichen Kokskuchen bilden. Die eigentliche Struktur erhält der Koks durch die Gasblasen, die in der schmelzflüssigen Kohle durch den Entgasungsvorgang entstehen. Die dadurch bedingte Porosität ist für die Brennbarkeit von Bedeutung, da sie die Oberflächenverbrennung begünstigt. Hinsichtlich des Zusammenbackens zeigen die Steinkohlen ganz verschiedenes Verhalten. Während es auf der einen Seite stark backende Kohlen gibt, wie die deswegen besonders geschätzte Kokskohle, deren Kokskuchen vollkommen einheitlich zusammengeschmolzen ist, gibt es auf der anderen Seite Kohlen, die überhaupt nicht schmelzen, wie die Magerkohlen, oder die nur oberflächlich zusammensintern, wie die gasreichen Kohlen.

Auch für die direkte Verfeuerung der Kohle unter Luftzutritt ist der Entgasungsvorgang von Bedeutung. Kein natürlicher fester Brennstoff verbrennt unmittelbar und unverändert. Die Hitze des Feuers führt immer erst zu einer Entgasung und damit Verkokung der Kohle. Der Verbrennungsvorgang bei der Feuerung ist also stets ein zweifacher. Oberhalb der Brennstoffschicht verbrennen die entweichenden Schwelgase je nach der Menge und der Zusammensetzung mit mehr oder weniger langer Flamme; unmittelbar über dem Rost verbrennt der durch die Entgasung entstandene Koks unter Glühen. Der im Koks enthaltene Kohlenstoff verbrennt dabei immer erst zu Kohlendioxyd. Kohlenoxyd ist nach Ansicht der maßgebenden Brennstoffchemiker kein Verbrennungserzeugnis, sondern kann nur durch Reduktion aus dem Kohlendioxyd entstehen. Der Entgasungsvorgang ist nun für die Verfeuerung der Kohle insofern bedeutungsvoll, als er durch die Gasbildung die Verbrennung außerordentlich erleichtert. Die fetten Kohlen verbrennen daher wegen ihres Reichtums an flüchtigen Bestandteilen viel leichter als die mageren Kohlen und der Anthrazit. Anderseits zieht aber gerade der Entgasungsvorgang ein schwerwiegendes Übel nach sich, den Rauch und Ruß. Häufig nämlich entweicht ein mehr oder weniger großer Teil der Schwelgase unverbrannt, sei es aus Mangel an Sauerstoff oder infolge der Abkühlung unter die Entzündungstemperatur und dann ist die unausbleibliche Folge Dampf und Ruß. Der Dampf wird von den schweren Kohlenwasserstoffen gebildet, die sich zu feinen Tröpfchen verdichtet haben; Ruß ist fester Kohlenstoff, der seine Abscheidung der Zersetzung von Kohlenwasserstoffverbindungen verdankt. Bei der mit der Entgasung zugleich vor sich gehenden Verkokung erweist sich das Zusammenbacken der Kohle als ein Übelstand. Denn dieses verhindert den Zutritt der die Verbrennung unterhaltenden Luft. Die nicht backenden Kohlen sind daher zum Verfeuern besonders geeignet. An erster Stelle steht hier der Anthrazit, der die gegebene Dauerbrandkohle ist.

Zu großen Unglücksfällen kann der Entgasungsvorgang dann führen, wenn die Kohle als feiner Staub vorliegt. Wird aus irgend einem Grunde Kohlenstaub aufgewirbelt und erhitzt, so tritt bei der großen Oberfläche, die die staubförmige Kohle hat, die Entgasung augenblicklich ein. Die austretenden brennbaren Gase mischen sich mit der Luft und bilden ein hoch explosibles Gemenge, das, falls die Entzündungstemperatur erreicht wird, sofort explodiert. Aus diesem Grunde schlägt beim Nachfüllen von Feinkohle in den Ofen oft eine große Stichflamme aus der Ofentüre heraus. In den Gruben sind die Kohlenstaubexplosionen noch gefürchteter als die Schlagwetterexplosionen, weil eine in Kohlenstaubwolken einmal eingeleitete Explosion sich, da immer neuer Staub aufgewirbelt wird, auf unbegrenzte Entfernung hin fortpflanzen kann. Am gefährlichsten ist in dieser Beziehung der Staub der gasreicheren Kohlen, während die Magerkohlen kaum zu Staubexplosionen neigen.

Wegen der durch den Weltkrieg hervorgerufenen Kohlennot ist die Frage der wirtschaftlichen Ausnutzung der Kohle heute zur Existenzfrage des deutschen Volkes geworden. Der Entgasungsvorgang, der bei der direkten Verfeuerung stets zu Dampf und Ruß, also zum Verlust wertvoller Teerdämpfe und unverbrannten Kohlenstoffs führt, sollte uns immer mehr dazu bewegen, Kohle, die einen größeren Gehalt an flüchtigen Bestandteilen hat, keinesfalls unmittelbar auf dem Rost zu verbrennen, sondern stets vorher industriell unter Luftabschluß zu verkoken. Damit wäre auch zugleich die Rauch- und Rußplage beseitigt, unter der die großen Städte und Industriezentren seit vielen Jahren leiden. Die wegen ihrer vorzüglichen Backfähigkeit besonders geschätzte Kokskohle wird auch heute schon von den Kokereien restlos unter Gewinnung der Nebenprodukte auf Hüttenkoks verarbeitet, der für die Eisenhütten zur Erschmelzung und Veredelung des Eisens so unentbehrlich ist. Ja, bei der großen Nachfrage nach Hüttenkoks, die durch die Reparationslieferungen noch verstärkt worden ist, genügt unsere Förderung an Kokskohle nicht einmal, so daß die Kokereien gezwungen sind, ihr Ausgangsmaterial durch Mischen mit weniger gut backenden Kohlen zu strecken.

Die Gasanstalten legen das Hauptgewicht auf eine hohe Ausbeute an Leuchtgas von möglichst hohem Brennwert. Sie benutzen die sogenannte Gaskohle, die mehr flüchtige Bestandteile hat als die Kokskohle. Die Gasflammkohle ist die eigentliche Industriekohle, sie wird vorzugsweise zum Beheizen der Dampfkesselanlagen verwendet. Ihr hoher Gehalt an flüchtigen Bestand-

teilen macht aber eine wirtschaftliche Ausnutzung schwer, so daß sie nicht verfeuert werden sollte. Die Gasflammkohle ist aber gerade die geeignete Kohle für die Urverkokung. Sie gibt reichlich Tieftemperaturteer und damit wichtige Treib-, Heiz- und Schmieröle. Da Deutschland über kein größeres Erdölvorkommen verfügt, ist es bez. der Versorgung mit diesen Ölen in hohem Maße vom Ausland abhängig. Dieser Zustand ist aber für unsere Wirtschaft höchst unerwünscht. Die Urverkokung ist also schon aus diesem Grunde anzustreben. Der Halbkoks stellt einen idealen Brennstoff dar, der wegen seines geringen Gehaltes an flüchtigen Bestandteilen rein und rauchlos und mit stark strahlender Wärme verbrennt und wegen seiner großen Porosität und der dadurch begünstigten Oberflächenverbrennung leicht verfeuert werden kann. Der Wirkungsgrad von Halbkoks beim Verfeuern ist erheblich größer als der der ursprünglichen Kohle, so daß der praktische Wärmewert von einer Tonne Halbkoks den von einer Tonne Rohkohle sogar übersteigt.

Große Beachtung schenkt man in neuerer Zeit auch den minderwertigen, aschenreichen Kohlen, auf die wir bei dem Kohlenmangel mehr und mehr angewiesen sind und die man schlecht oder gar nicht auf dem Rost verbrennen kann. Sie werden industriell vorteilhaft vergast und veredelt oder in Kohlenstaubfeuerungen verbrannt. Die Vergasung, die Überführung des Kohlenstoffes des Brennstoffes durch Luft oder Wasserdampf in die brennbaren Gase Kohlenoxyd und Wasserstoff, leitet unterrichtlich zum Luftgas (Generatorgas) und Wassergas über. Diese Gase lassen sich bei geringem Luftüberschuß viel vollkommener unter Erzielung höherer Temperaturen verbrennen, auch wohl unmittelbar in Kraftmaschinen verwenden. Die Verfeuerung der Kohle in feingemahlenem Zustande bei günstigster Durchmischung von Staub und Luft bietet gegenüber Rosten erhebliche Vorteile und bedeutet einen der größten Fortschritte. Bei der großen Oberfläche der staubförmigen Kohle erfolgt die Entgasung und Verkokung der einzelnen Stäubchen sehr schnell und bei der innigen Durchmischung von Staub und Luft können die flüchtigen Bestandteile wie auch die verkokten Stäubchen in kurzer Zeit und vollkommen verbrennen. Die Kohlenstaubfeuerung kommt also in ihrer Wirkung der Gasfeuerung nahe und ermöglicht wie diese einen äußerst sparsamen, sauberen und einfachen Betrieb. Sie ist von der Art der Kohle praktisch unabhängig und erlaubt sogar die Verfeuerung von Halden aus schlecht ausgebrannten Rückständen bei Kesseln mit Rostfeuerung. Allerdings verlangt das Umgehen mit dem feingemahlenen Kohlenstaub wegen der damit verbundenen Explosionsgefahr besondere Vorsichtsmaßregeln.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Grundgedanken der Machschen Philosophie. Veröffentlichungen aus seinen wissenschaftlichen Tagebüchern. Von Dr. Hugo Dingler. Mit einem Bildnis. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1924. 106 S. Mk. 3.—.

Die Grundgedanken seiner Philosophie liegen in den Schriften Ernst Machs nicht so klar zutage, wie man vielleicht erwarten könnte. Denn es handelt sich bei ihm vielfach um tastende, nie ganz abgeschlossene Versuche, den Grundproblemen der Erkenntnis näher zu kommen. Hugo Dingler hat sich das Verdienst erworben, an der Hand des Entwicklungsganges von Mach, seiner Aufzeichnungen und gelegentlicher brieflicher Äußerungen eine Klarstellung seiner Grundgedanken zu versuchen. Er gibt in einem einleitenden Kapitel Näheres über den Einfluß äußerer Umstände auf die Entwicklung des Machschen Denkens an und behandelt dann dessen allgemeine Einstellung zu seinen Problemen. Mach stellte sich die Aufgabe, an der Hand der Physik auf induktivem Wege Einsicht in die Prinzipien der Erkenntnislehre zu gewinnen, nicht als Philosoph, sondern als Naturforscher; sein Ziel war dabei die Befreiung der Physik von metaphysischen Elementen (hierin Helmholtz verwandt), sein Betätigungsfeld die Mechanik. Näher erörtert wird Machs Verhältnis zum Apriori, wobei sich zeigt, daß bei Mach ein Apriori in Form „instinktiver Erkenntnis“ eine wichtige Rolle spielt.

In einem weiteren Abschnitt über Machs Sensualismus und Empirismus wird dargetan, daß Mach in diesen Hinsichten durchaus kein Dogmatiker war und seinen Aussprüchen immer nur eine vorläufige Geltung beigelegt wissen wollte; er ging soweit zu erklären, daß „das Konstante, die Regel, ein Anhaltspunkt für uns, nicht außerhalb unseres Denkens existiere“, was allem Empirismus entgegensteht In einem Schlußkapitel über Ernst Mach und die Relativität tritt deutlich zutage, daß Mach sich gegen die moderne Relativitätstheorie bei aller Anerkennung ihrer theoretischen Bedeutung doch ablehnend verhalten hat. *P.*

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften. Herausgegeben von der Schriftleitung der „Naturwissenschaften“. III. Band. Mit 100 Abbildungen. 404 S. Berlin, Julius Springer, 1924. Mk. 18.–; geb. Mk. 19.20.

Bei dem schnellen Fortschritt der Forschung auf fast allen Gebieten der exakten Wissenschaften erweist sich eine häufigere Zusammenfassung der Ergebnisse, wie die vorliegende, immer mehr als eine Notwendigkeit. Dieser 3. Band bringt Abhandlungen von A. Brill, über die Strahlung der Sonne, R. Hess über die Statistik der Leuchtkraft der Sterne. Beide Arbeiten stimmen darin überein, daß die Astronomie bereits erstaunliche Fortschritte hinsichtlich der Folgerungen aus der

Helligkeit auf die wahren Durchmesser zu verzeichnen hat und daß weitere bedeutsame Probleme ihrer Lösung entgegengehen. H. Kienle berichtet über die astronomischen Prüfungen der allgemeinen Relativitätstheorie (hiernach sprechen die Beobachtungen rein qualitativ für das Vorhandensein der von der Theorie vorausgesagten Effekte, und innerhalb der durch die mittleren Beobachtungsfehler gezogenen Grenzen besteht auch quantitative Übereinstimmung); R. Minkowski und H. Stoner über den Durchgang von Elektronen durch Atome (wobei sich zeigt, daß die Zusammenstöße von Elektronen mit Atomen trotz Gültigkeit des Energie- und Impulssatzes völlig unmechanisch verlaufen und anscheinend nur nach den Gesetzen der Quantentheorie beschrieben werden können); G. Laski über Ultrarotforschung; B. Gudden über Elektrizitätsleitung in kristallisierten Stoffen (der Umweg über Elektronenleitung in lichtelektrischen Leitern bietet die Hoffnung, dem alten Rätsel der metallischen Leitung beizukommen); L. Meitner über den Zusammenhang zwischen β- und γ-Strahlen (eine aus dem Kern kommende γ Strahlung löst die β-Strahlen sekundär in den äußeren Elektronen aus); W. Gerlach über Atomstrahlen (Bericht in ds. Heft S. 40); E. Hückel, zur Theorie der Elektrolyte; Günther-Schulze über elektrische Ventile und Gleichrichter; J. R. Katz über Quellung I. Teil (hierin besonders bemerkenswert die Untersuchungen über die Gitterstruktur organischer Substanzen). *P.*

Atombau und Spektrallinien. Von Arnold Sommerfeld, Prof. a. d. Universität München. 4. umgearbeitete Auflage. Mit 150 Abbildungen. 862 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn A. G., 1924. Mk. 22.—, geb. Mk. 25.—.

Die neue Auflage ist in mehrfacher Hinsicht beträchtlich umgearbeitet. Weggefallen sind die Ausführungen über Kristallstruktur und Molekularmodelle, sowie über die Relativitätstheorie, gekürzt die über die Theorie der Kugelwelle und ihres Impulsmoments. Anderseits hat die Darstellung der Bohrschen Atommodelle besonders im Hinblick auf die sog. n_k-Bahnen eine Umgestaltung erfahren, die inzwischen freilich schon wieder durch Forschungen von Fowler und von E. C. Stoner überholt ist. Auch die Komplexstruktur der Serienterme ist im 8. Kapitel völlig neu bearbeitet; hier ist namentlich auch eine Theorie des Magnetons, d. i. des magnetischen Elementarmoments aufgestellt, die einen engen Zusammenhang mit der Quantentheorie und mit den elektrischen Elementarquanten herstellt und weitere Aufklärung über die Frage des Atombaus verspricht. Überraschend ist auch, wie weit z. B. für das Eisenspektrum die Enträtselung der Spektrallinienterme und ihrer Multiplettkombinationen vorgeschritten ist. Auch hier ist noch weiteres wertvolles Material für die Erforschung des Atombaus zu erwarten. Den Schluß des Buches bildet eine Darstellung der Bandenspektren, bei deren Erklärung die Annahme einer Kreiselbewegung der Molekeln eine wesentliche Rolle spielt. Erstaunlich ist die Kleinarbeit, die auf dem Spektralgebiet in den letzten Jahren durch Ausmessung, Gruppierung und Deutung geleistet worden ist, bemerkenswert auch die Beherrschung des ungeheueren Stoffes, in der der Verfasser auch in der vorliegenden Auflage wieder seine Meisterschaft bewährt hat. *P.*

Atomtheorie in elementarer Darstellung. Von Dr. Arthur Haas, a. o. Prof a d. Universität Wien. Mit 56 Fig. im Text und auf 2 Tafeln. Berlin und Leipzig W. de Gruyter & Co., 1924. 204 S. Mk. 5,40, geb. Mk. 6,80.

Elementar im gewöhnlichen Sinn des Worts wird man diese Darstellung nicht gut nennen können, denn wenn sie auch bezüglich der mathematischen Form keine sehr hohen Ansprüche macht, so setzt sie doch die Leistungen der theoretischen Forschung voraus und arbeitet mit deren Ergebnissen. So entsteht ein recht umfassendes Bild von der Entwicklung und dem heutigen Stand der Atomtheorie. Bezeichnenderweise beginnt der Verfasser mit der Lehre vom Elementarquantum, schließt daran die Theorie des Wasserstoffatoms und die Darstellung der Röntgenstrahlen mit besonderer Rücksicht auf Raumgitter und Netzebenen, dann folgt die Theorie der Grundstoffe bis zur Zertrümmerung der Atome und zur Struktur des Atomkerns, endlich die allgemeine Theorie der Spektren und des Atombaus. Das Buch schließt mit dem Hinweis, daß die theoretische Physik einen sicheren Beweis für die wirkliche Existenz der Elektronen, der Atome und der elementaren Wirkungsquanten darin erblicken darf, daß sich die charakteristischen Konstanten der Atomistik nach grundverschiedenen Methoden stets in denselben Werten ergeben. *P.*

Drei Aufsätze über Spektren und Atombau. Von N. Bohr. 2. Auflage. Mit 13 Abbildungen. 150 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn A. G., 1924. Mk. 5.—.

Die erste Auflage erschien im Jahre 1922 (vgl. *d. Zeitschr. 35, 63*), die vorliegende ist ein unveränderter Abdruck, doch ist ein Anhang hinzugefügt, der Ergänzungen zur Klassifikation der Elektronenbahnen mit Hilfe des Quantensymbols n_k bringt, unter Rücksicht insbesondere auf die Untersuchungen von Paschen und Fowler. Für die Röntgenspektren wird neues Material von Coster herangezogen. Für das Hafnium (Nr. 72) wird seine Zugehörigkeit zur Zirkongruppe sichergestellt. Für das einfach geladene Kohlenstoffion wird das Auftreten von 2_2-Bahnen neben 2_1-Bahnen anerkannt. *P.*

Tabellen zur Röntgenspektralanalyse. Von Paul Günther. 61 S. Berlin, Julius Springer, 1924. Mk. 4.80.

Die Schrift will vornehmlich der Verwendung der Röntgenspektroskopie zu chemisch-analytischen Zwecken dienen. Die Haupttabelle gibt alle wirklichen und scheinbaren Wellenlängen von Röntgenstrahlen in erster bis dritter Reflexionsordnung nach der Größe geordnet an. Ein Ele-

ment kann als nachgewiesen gelten, wenn mindestens zwei Linien aus einer Serie sicher vorhanden sind. Die Zahlen sind den jüngsten Veröffentlichungen von P. CERMAK und von SIEGBAHN entnommen. Weitere Tabellen enthalten Reflexionswinkel und Wellenlängen für Steinsalz, Gips und Zucker, Absorptionskoeffizienten und Halbwertszeiten für verschiedene Wellenlängen bei H_2O, C, Al, Cu, Ag, Pb u. a. m. *P.*

Über Wärmeleitung und andere ausgleichende Vorgänge. Von Prof. Dr. EMIL WARBURG. Mit 18 Abbildungen. 116 S. Berlin, Julius Springer, 1924. Mk. 5,70.

Die Schrift behandelt die Theorie der Wärmeleitung in erster Reihe für Experimentalphysiker und Techniker; von verwandten Vorgängen die Fortpflanzung des elektrischen Stromes in einem Kabel und die Vorgänge bei der Flüssigkeitsreibung. Anwendungen betreffen besonders die Theorie des Taus und die des Auerbrenners, die Temperaturbestimmung in Geißlerröhren, die Wärmevorgänge im Erdinnern und an der Erdoberfläche u. a. m. *P.*

Die Synthese des Stoffs nach den neuesten physikalischen, chemischen und biologischen Ergebnissen, von Dr. L. ZEHNDER, a. o. Prof. a. d. Universität Basel. Halle a. S. Ludwig Hofstetter, 1924. 280 S. Mk. 10.—, geb. Mk. 12 50.

Der Verfasser hat schon in einer vor zehn Jahren erschienenen Schrift, „Der ewige Kreislauf des Weltalls“ (vgl. *ds. Zeitschr. 28, 284*) die Grundzüge eines physikalischen Weltbildes entworfen, das er in der vorliegenden Schrift weiter ausführt und das, trotz mancher verwandter Züge, einen entschiedenen Gegensatz zu der heute im Vordergrund stehenden Bohrschen Atomtheorie bildet. Er sieht die Existenz des Weltäthers durch den Widerstand, den die Meteoriten des Zodiakallichts erleiden, und der nach ihm die Sonnenflecke veranlaßt, als erwiesen an. Er nimmt demnach zwei Ursubstanzen an, eine Uratomsubstanz und eine Ätheratomsubstanz, von denen die erstere, aus Kügelchen bestehend, die Bausteine für die Atome aller Elemente, die letztere das Material für die diese umgebenden Hüllen liefert. Dazu treten zwei Grundkräfte, Elastizität und Gravitation; Kohäsion und Adhäsion beruhen auf dem Ätherdruck, die elektrische Energie ist nichts anders als die kinetische Energie des Äthers. Der Aufbau der Elementaratome schließt sich eng an das periodische System an und führt unter der Voraussetzung tetraedrischen Aufbaus und traubenartiger Aneinanderlagerung zu überraschenden Koinzidenzen mit den Tatsachen wie auch mit dem Bohrschen System. Die Entstehung der Spektrallinien, der Röntgenstrahlen, der magnetischen und radioaktiven Atome finden auch auf dieser Grundlage eine plausible Erklärung, obwohl die mathematische Durchführung fehlt, die der Bohrschen Theorie ein so entschiedenes Übergewicht verleiht. Durch die Annahme molekularer „Fistellen“ (Röhrchen) bahnt sich der Verfasser den Weg zu den Membranen und zu dem Aufbau organischer Gewebe und knüpft hieran den Versuch, auch Assimilation und Anpassung der Lebewesen sowie die Funktionen des Zentralnervensystemes auf rein physikalisch-chemischer Grundlage zu erklären. Ein Ausblick auf die Möglichkeit experimenteller Urzeugung und neuere Versuche (Leduc) in dieser Richtung beschließt das Buch. Wir glauben nicht, daß die letzten Ausführungen des Verfassers dazu führen, das Geheimnis des Lebens zu entschleiern, obwohl sie schon in der früheren Veröffentlichung die Aufmerksamkeit namhafter biologischer Forscher erregt haben. Als ein eigenartiges und wohl durchgearbeitetes physikalisches Weltbild jedoch verdient die Theorie des Verfassers allgemeine Beachtung. *P.*

Raum, Zeit und Relativitätstheorie. Von J. A. SCHOUTEN, o. Prof. d. Mathem. an d. Techn. Hochschule zu Delft. (Wissenschaftliche Grundfragen, Heft II, herausgeg. von R. HÖNIGSWALD, Breslau.) Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1924. 41 S. Mk. 2.40.

Eine „Entwicklung der Begriffe des Raumes und der Zeit und ihre Beziehungen zum Relativitätsprinzip“, mit dem Ziel, die Relativitätstheorie als eine notwendige Konsequenz eines jahrhundertelangen Prozesses zu begreifen, das ist die Aufgabe, die SCHOUTEN sich in diesem 2. Heft der neuen Teubnerschen Sammlung gestellt und mit großem Geschick gelöst hat. Drei Fragestellungen sind zu betrachten, wenn man die neuesten Lehren der Physik verstehen will. Die erste führt von Euklid über die axiomatischen Untersuchungen von Bolyay, Lobatschewki und Riemann und die Versuche, nichteuklidische Verhältnisse anschaulich zu machen, bei Riemann und Beltrami zu dem Ergebnis Kleins, der in jeder Geometrie eine Theorie über die Invarianten sieht, die zu einer ganz bestimmten Transformationsgruppe gehören. Parallel zu dieser Entwicklung geht der Kampf um den Apriorismus und Empirismus in der Mathematik, der zum Anschluß an die Kleinschen Formulierungen zu der Frage kommt: „Welche Gleichungen geben am besten Rechenschaft über die mechanisch-physikalischen Tatsachen, und bei welchen Transformationsgruppen sind diese Gleichungen invariant?“ (S. 41; vergl. dazu die Galilei- und Lorentzgruppe). Die 3. Frage betrifft die physikalische Realität des absoluten Raumes und der absoluten Zeit. Hier hat sich nach der Ablehnung dieser „Undinge“ durch Huygens, Euler, Kant, Mach u. a. die Forderung ergeben, daß für die Transformationsgruppe der „Welt“ nur die Materieverteilung bestimmend sein soll. — Alle drei Problemreihen laufen in der allgemeinen Relativitätstheorie zusammen. Ihre Darstellung und die weitergehenden Ansätze von Weyl, Eddington und Einstein bilden den Schluß des Heftes. — Die Darstellung ist klar und gewandt. Ohne Formeln wird — meist durch Analogiebildung aus den Verhältnissen des Zweidimensionalen heraus — der Sinn dieser zum Teil recht schwierigen Untersuchungen ver-

ständlich gemacht, die sich die immer strengere Durchführung des Relativitätsgedankens zum Ziel gesetzt haben. Aber ein Gedanke wird dabei nicht beseitigt, ja er drängt sich gerade bei der Lektüre immer stärker hervor, daß nämlich das Absolute doch am Ende stehen bleibt, daß es wohl zurück-, aber nicht weggedrängt werden kann, wenn es auch seine Form ändern muß. Und auch der mathematische Empirismus, der aus Schoutens Darlegungen spricht, dürfte nicht ohne Einwand bleiben. *Sellien.*

Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete. Berlin, Julius Springer, 1924.

Bd. XII. Methoden der mathematischen Physik. Von Prof. R. Courant und Prof. D. Hilbert. 1. Bd. Mit 29 Abb. 463 S. Mk. 22.50, geb. Mk. 24.—.

Bd. XIII. Vorlesungen über Differenzenrechnung. Von Niels Erik Nörlund. Mit 54 Textfiguren. 560 S. Mk. 24., geb. Mk. 25.20.

Der XII. Band ist in der Hauptsache von R. Courant verfaßt, doch ist vielfach Material aus Hilbertschen Abhandlungen und Vorlesungen benutzt und die Darstellung durchweg eng mit der Geistesrichtung Hilberts verknüpft. Das Werk will die mathematische Forschung wieder in engere Beziehung zu den Problemstellungen der Physik setzen und zugleich durch die mathematischen Theorien einheitlich ausgestalten. Der vorliegende vorbereitende Band behandelt in 7 Kapiteln: Die Algebra der linearen Transformationen und quadratischen Formen, die Reihenentwicklung willkürlicher Funktionen, die Theorie der linearen Integralgleichungen, die Grundtatsachen der Variationsrechnung, die Schwingungs- und Eigenwertprobleme, die Anwendung der Variationsrechnung auf die Eigenwertprobleme, endlich spezielle durch Eigenwertprobleme definierte Funktionen (Besselsche und Kugelfunktionen). Im zweiten Bande erst soll die Methode der Variationsrechnung die beherrschende Rolle spielen.

Der XIII. Band aus der Feder eines dänischen Mathematikers behandelt die Methode der Differenzenrechnung, die neuerdings auch bei Problemen der technischen Mechanik (Elastizitäts- und Festigkeitslehre) in Anwendung gebracht wird. Dies rechtfertigt ihre Erwähnung an dieser Stelle. Eines der Grundprobleme der Differenzenrechnung führt zu den Bernoullischen und Eulerschen Zahlen und Polynomen, die Hauptlösungen selbst zu Reihen verschiedenen Charakters, daran schließen sich Gammafunktion und Verwandtes, Interpolations- und Falkultätsreihen; danach Untersuchungen über homogene lineare Differenzengleichungen und Systeme von solchen, vollständige lineare Differenzengleichungen, reziproke Differenzen und Kettenbrüche. Ein sehr ausführliches, 68 Seiten umfassendes Inhaltsverzeichnis macht den Beschluß. *P.*

Lehrbuch der Nomographie auf abbildungsgeometrischer Grundlage. Von H. Schwerdt. Mit 137 Textabbildungen und 151 angewandten Aufgaben mit Lösungen. 275 S., Berlin, Julius Springer, 1924. Geb. Mk. 12.90.

Das Ziel des Buches besteht darin, die Leitgedanken zu entwickeln, unter denen sich neue Tafelformen herleiten lassen. Auf Grund des Prinzips der Abbildung ergibt sich neben den Netztafeln und Fluchtlinientafeln als neues Darstellungsmittel die Gleitkurventafel. Den Genauigkeitsbetrachtungen ist besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Die zahlreichen Beispiele und Aufgaben sind vorzugsweise Anwendungsgebieten entlehnt. Auch dem Physiker wird hierdurch manches Interessante und Wertvolle dargeboten. *P.*

Wiedemann-Eberts physikalisches Praktikum. Neu bearbeitet von Eilhard Wiedemann und Arthur Wehnelt. 6. Auflage. Mit 371 Abbildungen. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn A.-G., 1924. 545 S. Mk. 18.—, geb. Mk. 21.—.

Der seit mehr als 30 Jahren bewährte Leitfaden hat auch in dieser Auflage, für die an Stelle des verstorbenen H. Ebert der auf diesem Gebiet besonders erfahrene A. Wehnelt als Mitherausgeber eingetreten ist, seinen alten Charakter im wesentlichen bewahrt. Das Buch will nicht zu Präzisionsmessungen anleiten, sondern der ersten Laboratoriumspraxis der Studierenden dienen. Für diesen Zweck können, wie der ältere der beiden Verfasser mit Recht hervorhebt, die Voraussetzungen nicht elementar genug sein, namentlich wenn man mit dem Praktikum, wie es erwünscht ist, nicht wartet, bis die einjährige Vorlesung über Experimentalphysik absolviert ist. Die Gründe für die mangelhafte Vorbildung liegen zum guten Teil in der Organisation unserer höheren Schule, die immer noch das Lernverfahren gegenüber dem Arbeitsverfahren bevorzugt und dadurch ganz falsche Maßstäbe für die Leistungen der Schüler in Anwendung zu bringen zwingt. In anbetracht dieser Sachlage wäre es wohl angebracht, die Übungen des einführenden Praktikums nicht vorwiegend an fertige Apparate anzuschließen, sondern wenigstens zum Teil den Zusammenbau der Geräte mit mehr oder weniger improvisierten Mitteln den Studierenden selbst zu überlassen (wie es K. T. Fischer in München tut), was namentlich für die Ausbildung künftiger Oberlehrer zu empfehlen ist. An einer Stelle ist auf einen einfachen Schulapparat von Grimsehl für das mechanische Wärmeäquivalent verwiesen, doch ist die gemachte Angabe nicht ganz zutreffend. Weggelassen sind in dieser Auflage einzelne Abschnitte von mehr lehrbuchartigem Charakter, dagegen hinzugefügt zahlreiche neue Übungen aus dem Gebiet der Elektrizität. Von diesen sind namentlich zu erwähnen solche über die bei elektrischen Schwingungen vorkommenden Größen, über Ionen, über Elektronenemission glühender Metalle und Metallverbindungen, Verstärkerröhren, Kathodenstrahlen, Messung des Elementarquantums der Elektrizität. Den Schluß bilden praktische Winke und Tabellen. *P.*

Einführung in die geometrische Optik. Von Dr. W. Hinrichs. (Sammlung Göschen Bd. 532). 2. Aufl. Mit 56 Figuren. 132 S. Berlin, Walter de Gruyter & Co., 1924. Geb. Mk. 1.25.

Das Schriftchen gibt nur die Grundlagen des Gebiets bis zur Brechung durch ein zentriertes System von Kugelflächen und zu den einfachsten Linsenfällen, es soll nur auf das Studium ausführlicher Lehrbücher vorbereiten. Jedem Kapitel ist eine Zahl durchgerechneter Übungsbeispiele beigegeben. *P.*

Elementares Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen der Mittelschulen und zum Selbstunterricht. Von Dr. J. R. Brunner, Prof. a. d. Kantonschule Luzern. 2. Aufl., 436 S., 543 Figuren im Text und 5 Tafeln. Leemann u. Co., A.G., Zürich 1923.

Die Behandlung des Stoffes ist stark deduktiv, entgegen der in der Einleitung gegebenen Begriffsbestimmung der Physik. Dies ist namentlich bei der Mechanik der Fall, wo z. B. die ganz veraltete Varignonsche Ableitung für die Zusammensetzung von zwei parallelen Kräften noch immer an die Spitze der einfachen Maschinen gestellt wird. Hier wäre es lehrreicher, die induktiv erkannten Einzelgesetze unter dem Prinzip der virtuellen Arbeiten zusammenzufassen. Auch die Fallgesetze werden (auf nicht ganz strengem Wege) erst abgeleitet und danach an der Fallmaschine „experimentell geprüft“. Die Pendelgleichung wird nicht abgeleitet, sondern nur mitgeteilt; das kann man gelten lassen, dann soll man aber nicht sagen, daß sich die Pendelgesetze durch Diskussion der Pendelgleichung ergeben, sondern soll die Gesetze induktiv herleiten (auch wenn dies auf der Unterstufe schon einmal geschehen sein sollte) und nur zeigen, daß sie durch die Formel zusammengefaßt werden können. Die Formeln für Zentripetal- und Zentrifugalkraft werden auf dem üblichen Wege abgeleitet, und wiederum durch Versuche an der Schwungmaschine „experimentell begründet“; das Newtonsche Gravitationsgesetz wird nur mitgeteilt, obschon gerade hier eine Ableitung aus Keplers 3. Gesetz unter Voraussetzung kreisförmiger Bahnen leicht gewesen wäre. Anderseits wird später die Formel für das Potential auf unstrengem Wege, mit Hilfe des geometrischen Mittels aus den Entfernungen, abgeleitet, was natürlich nur eine Erschleichung ist; hier war vielmehr einfache Mitteilung am Platze. Irreführend sind ferner Wendungen wie die, daß das Erdzentrum der Sitz der Schwerkraft sei S. 69). Auch weiterhin drängt die deduktive Form sich vor; so wird das Gesetz von Boyle-Mariotte aus der kinetischen Gastheorie abgeleitet und danach experimentell bewiesen. Wo ein induktives Verfahren eingeschlagen wird, ist es nicht immer glücklich; so werden die Versuche über Magnet- und Voltainduktion zusammengefaßt und dabei die „Zahl der Kraftlinien“ benutzt, ohne daß dieser Begriff irgendwie erläutert wäre.

Anderseits soll anerkannt werden, daß das Buch in bezug auf die Technik Vortreffliches bietet: so in den Abschnitten über Wasser- und Dampfturbinen, über Flugtechnik und Luftschiffahrt; der Elektrotechnik sind 30 Seiten gewidmet, der Elektrifikation der schweizerischen Bundesbahnen (Einphasenstrom!) allein nahezu 6 Seiten. Drahtlose Telegraphie, Radioaktivität, Strahlungslehre, neuere Atomforschung sind recht eingehend und gut verständlich behandelt. Die Figuren namentlich der technischen Teile sind durch die Mitwirkung technischer Fachmänner von ausgezeichneter Klarheit. Ein besonderer Schmuck des Buches sind die Tafeln mit phototypischer Wiedergabe von Maschinen der Fabrik Oerlikon. Ein Anhang enthält 30 Aufgaben aus verschiedenen Teilen der Physik nebst Lösungen. *P.*

Experimentalphysik von Ernst Bryk. (Breitensteins Repetitorien Nr. 35). In 6. Auflage neubearbeitet von Joseph Regler in München. 162 S. Leipzig, Joh. Ambrosius Barth, 1924. Mk. 3.90.

Die fünfte 1913 erschienene Auflage hat eine gründliche Umarbeitung erfahren, in der die Entwicklung der Wissenschaft, namentlich in der Atomtheorie, bis in die jüngste Zeit Berücksichtigung gefunden hat. So wenig die Form eines Repetitoriums mit ihrer bloßen Zusammenstellung von Resultaten einem tieferdringenden Verständnis dienen kann, so scheint sie doch einem häufiger vorhandenen Bedürfnis zu entsprechen. Der Mangel jedweder Erläuterung durch Figuren fordert allerdings Abhilfe. *P.*

Mathematische Geographie und Astronomie in geschichtlicher Entwicklung. Für die Oberprima der Realanstalten und für Studierende zur Einführung. Von E. Weighardt. Mit 70 Figuren. 127 S. München und Berlin, R. Oldenburg, 1924.

Daß der Verfasser den historischen Gesichtspunkt bei seiner Darstellung der Astronomie in den Vordergrund stellt, ist durchaus zu begrüßen; er gibt ein Bild der Entwicklung der astronomischen Lehren von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart und verbindet damit eine Einführung in die Grundlehren der mathematischen Geographie. Die Tat des Kopernikus steht naturgemäß im Mittelpunkt; gerade hier aber wäre ein genaueres Eingehen sowohl auf die Motive wie auch auf die unmittelbaren Erfolge der neuen Lehre angebracht gewesen, so namentlich die Anwendung auf die Berechnung der wahren Planetenentfernungen von der Sonne, die Übereinstimmung der epizyklischen mit der synodischen und der Zusammenhang der letzteren mit der siderischen Periode. Die Deutung der epizyklischen Bahnen aus der kopernikanischen Lehre ist kaum recht verständlich. Auch bei Kepler hätte der fundamentale Nachweis der Ellipsengestalt der Marsbahn deutlicher herausgearbeitet werden sollen. Gerade eine historische Darstellung muß ihre Hauptaufgabe darin sehen, in die Ge-

dankengänge der großen Forscher selbst einzuführen, soweit dies in elementarer Form geschehen kann; hierfür hat schon Ernst Mach beachtenswerte Beispiele gegeben. Ein historisch orientiertes Buch sollte auch nicht als Titel des kopernikanischen Werks nur „de revolutionibus" angeben, ebenso wenig behaupten, daß „nach Galilei" die Fallbeschleunigung g = „981 cm" sei. Manches Mathematische ist recht schwer verständlich, so namentlich die Erklärung von Ebbe und Flut nach der durch G. Darwin bekannt gewordenen Auffassung. Hier und an einigen anderen Stellen wird die Hilfe eines kundigen Lehrers nicht zu entbehren sein. Besondere Aufmerksamkeit hat der Verfasser der physischen Natur der Planeten und der neuen Sternforschung zugewendet; ein Schlußabschnitt ist den Weltentstehungshypothesen gewidmet. *P.*

Die Elektrizität der Gewitter. Von Dr. K. Kähler. (Sammlung Bornträger, Bd. 3.) Mit 9 Abbildungen. 148 S. Berlin, Gebrüder Bornträger, 1924. Geb. Mk. 4,50.

In einem umfangreichen ersten Teil ist eine Übersicht über die Beobachtungstatsachen gegeben, wobei namentlich auch das luftelektrische Verhalten der Atmosphäre und die verschiedenen Formen elektrischer Erscheinungen in der Luft dargestellt werden. Im zweiten Teil wird eine Übersicht über die bisherigen Erklärungsversuche gegeben. Namentlich die geistreiche Lenardsche Theorie der elektrischen Doppelschicht in den Wassertropfen und deren Trennung durch Zerblasen oder Zerfahren zur Erklärung der Wasserfallelektrizität wird eingehend erörtert. Diese in Verbindung mit der Elster- und Geitelschen Theorie der Influenzwirkung im elektrischen Feld der Atmosphäre scheint die brauchbarste Grundlage für eine vollständige Erklärung der Gewitterbildung zu bieten. Dies erkannt und hervorgehoben zu haben ist ein anerkennenswertes Verdienst des Verfassers. *P.*

Wettervorhersage. Die Fortschritte der synoptischen Meteorologie. Von Dr. Walter Georgii (Naturwissenschaftliche Forschungsberichte, Bd. XI). Mit 58 Abbildungen. 114 S. Dresden, Theodor Steinkopff, 1924. Mk. 4,50.

Die neuere Wetterprognose knüpft wieder an die Lehren von H. W. Dove an, die den Windströmungen eine vorherrschende Stellung bei der Bestimmung der Witterungsverhältnisse zuweisen. Die Theorie von V. Bjerknes gründet sich auf hydrodynamische Voraussetzungen und führt die Entstehung von Zyklonen wie Antizyklonen auf wellenartige Vorgänge an den Grenzflächen verschieden bewegter Luft zurück; die Theorie von F. M. Exner und seiner Schule geht auf die Anschauungen von Helmholtz zurück, wonach an den Grenzflächen kalter und warmer Luft infolge Änderung der Relativbewegung Gleichgewichtsstörungen ausgelöst werden. Die aus beiden sich ergebenden Folgerungen stimmen bezüglich der Wetterprognose überein und ermöglichen, unter Benutzung des durch die drahtlose Telegraphie bedingten schnellen und umfassenden Wetterdienstes, eine erfolgreichere Vorhersage, als es früher bei ausschließlicher Bezugnahme auf die Luftdruckverteilung der Fall war. Das Buch gibt eine eingehende Darstellung der heutigen Methoden, woraus ersichtlich wird, in wie hohem Grade die Meteorologie bereits einen streng wissenschaftlichen Charakter angenommen hat. Diesen Charakter zeigen besonders auch die Erklärungen der Wärme- und Kälteeinbrüche, wie sie z. B. im Januar und Februar 1922 stattgefunden haben. *P.*

Die Wunder der Fernmeldetechnik. Über Telegraphie und Telephonie zum Rundfunk. Von Dr. Albert Neuburger. Mit 376 Abbildungen im Text. 375 S. 2. Auflage. Leipzig, Hachmeister & Thal, 1924. Geb. Mk. 12.—.

Das Werk bietet zunächst einen Überblick über die ältere Geschichte der Telegraphie und Telephonie, der bis zu den staunenswerten Fortschritten auf dem Gebiet der neuesten Kabeltelephonie (Rheinland- und Ostpreußen-Kabel) fortgeführt ist. Es folgt dann eine Darstellung der theoretischen Grundlagen des drahtlosen Verkehrs und der verschiedenen Sende- und Empfangssysteme, sowie eine ausführliche Beschreibung in- und ausländischer Großstationen. Auch über die von Marconi verwirklichte Telephonie mit gerichteten kurzen Wellen (70 m sec^{-1}) auf große Entfernungen (12000 km) wird berichtet. Zum Schluß werden die besonderen Verhältnisse des Amateurverkehrs besprochen. *P.*

Der ferne Klang. Empfangsprobleme der drahtlosen Telephonie. Von Otto Kappelmayer. Mit 170 Figuren und 13 Kurvenblättern. 347 S. Berlin, August Scherl G. m. b. H. 1924. Ganzleinen geb. Mk. 10.—

Der erste Teil dieses schön ausgestatteten Werkes behandelt hauptsächlich die kosmisch-tellurischen sowie die lokalen Störungen des Rundfunkempfanges und die damit zusammenhängenden Probleme von ebenso technischem wie wissenschaftlichem Interesse. Besonders bemerkenswert ist, daß der Verfasser den gerichteten kurzen Wellen auf Grund bereits vorliegender Versuche eine hervorragende Bedeutung auch für den transozeanen Verkehr voraussagt. Der zweite Teil ist den verschiedenen Empfangsvorrichtungen gewidmet und den Mitteln, die mannigfachen Störungen zu vermeiden oder zu beseitigen. Es werden Detektorenempfänger, Röhrenempfänger, Hoch-, Zwischen- und Niederfrequenzverstärker. Reflexempfänger, Kraftverstärker und Lautsprecher beschrieben. Dem Detektorempfänger wird bis zu Entfernungen von 50 km vor allen anderen Apparaten der Vorzug hinsichtlich reiner und sauberer Wiedergabe der Musik zuerkannt. Auf 13 Kurvenblättern meist nomographischen Charakters sind die Zusammenhänge zwischen Induktivität, Kapazität und Wellenlänge und Verwandtes zum Zweck mechanischer Auswertung praktischer Aufgaben zusammengestellt. Das auf reichen Erfahrungen beruhende Werk wird sich

sicher, wie schon die kleinere Schrift des Verfassers *(ds. Zeitschr. 37, 140)*, als ein zuverlässiger Berater erweisen. *P.*

Radio. Deutsche illustrierte Zeitschrift für Wissenschaft und Leben. Herausgegeben von Dr. Karl Lichtenecker in Reichenberg i. Böhmen. Jährlich 12 Hefte. 72 Kr. = 12.— Mk.

Diese einzige deutsche Fachzeitschrift außerhalb des deutschen Reiches ist gleichzeitig mit der Gründung eines deutschen Radioklubs in Reichenberg, der das ganze Gebiet der Tschechoslowakei umfaßt, ins Leben getreten. Das 1. Heft (Oktober 1924) bringt u. a. Aufsätze über Antenne und Antennenbau, den Siemensschen Lautsprecher, Radiogeometrie, Praktische Winke für Bastler und Schule, einen Variometerempfänger u. a. m. Der Herausgeber, ein angesehener Forscher und Schulmann, wird auch die Bedürfnisse des Unterrichts berücksichtigen Dem neuen Unternehmen wünschen wir den besten Erfolg. *P.*

Das Weltall. Bildgeschmückte Zeitschrift für Astronomie und verwandte Gebiete. Herausgegeben von Dr. F. S. Archenhold. 34. Jahrgang, 1. Heft. 28 S. Verlag der Treptower Sternwarte in Berlin-Treptow. Jährlich 12 Hefte. Mk. 8.—.

Die Zeitschrift erscheint vom 1. Oktober 1924 ab wieder in Friedensausstattung. Das vorliegende Heft bringt u. a. zwei schöne Mondaufnahmen von F. S. Archenhold, eine Tafel der Milchstraße in Cygnus, Cepheus und Cassiopeia von Max Wolf-Heidelberg, die Ergebnisse des Merkurdurchganges vom 8. Mai 1924, den Sternhimmel im Oktober und November 1924 nebst Mitteilungen über die zunehmende Fleckentätigkeit der Sonne, eine Reihe interessanter kleiner Mitteilungen usw. *P.*

Werden und Wesen der Astrologie. Von Róbert Henseling. Mit 34 Abbildungen, 94 S. (Sammlung Kosmos-Bändchen). Stuttgart, Franckhsche Verlagshandlung. Mk. 1.20, geb. Mk. 2.—.

„Die Astrologie ist der Schlüssel zur Geistesgeschichte der Menschheit.“ Unter diesem Motto stellt das Schriftchen die in der Phantasie der Urvölker liegenden Ursprünge der Astrologie dar und weist ihre Zusammenhänge mit ewigen Bedürfnissen der Menschennatur nach. Gerade diese geschichtliche Betrachtung aber erweist die Unhaltbarkeit der Astrologie gegenüber den Ergebnissen der neueren Astronomie. Was als Kern bestehen bleibt, ist der Gedanke der All-Einheit, wie er besonders in Goethes Naturauffassung sich ausspricht. *P.*

Der Vorstoß in den Weltenraum. Eine technische Möglichkeit? Wissenschaftlich-gemeinverständliche Betrachtung von Max Vallier. Mit 35 Textabbildungen, 2. Auflage, 94 S. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1924. Mk. 2.—.

Die Schrift ist eine mehr volkstümliche Darstellung des H. Oberthschen Planes, vgl. die Besprechung in d. Zeitschrift 37, 65. Es gelten dagegen die schon gegen die Oberthsche Schrift gemachten Einwendungen. Die Kritik kann das Fragezeichen im Titel nur unterstreichen. *P.*

Die Rechenmaschine und das Maschinenrechnen. Von Dipl.-Ing. Lenz. 2. Aufl. Mit 42 Abb. im Text. Leipzig, B. G. Teubner, 1924, 108 S. Kart. Mk. 3.—.

Die Schrift will keine ausführliche Beschreibung der Konstruktion der verschiedenen Systeme, sondern wesentlich Belehrungen über die Eignung der einzelnen Systeme für verschiedene in der Praxis vorkommende Zwecke geben. Unterschieden werden Addier- und Multipliziermaschinen. Besonders nützlich erscheint die am Schluß gegebene vergleichende Übersicht über alle Systeme. *P.*

Gesammelte Abhandlungen. Von Dr. J. Kehrmann, o. Professor a. d. Univ. Lausanne. Bd. I. Abteilung 1: Untersuchungen über komplexe anorganische Säuren. Abt. II: Untersuchungen über sterische Hinderung. Bd. II. Abt. I: Untersuchungen über Hydrochinone und Chinone. Abt. II: Untersuchungen über Azine und Azoniumverbindungen. Leipzig, G. Thieme, 1923. 203 bzw. 614 S. Mk. 3.50 bzw. Mk. 12.—.

Beide Bände enthalten eine große Reihe wissenschaftlicher Spezialabhandlungen (Bd. I: 12 + 17, Bd. II: 36 + 72), die bis ins Jahr 1887 zurückreichen und bis 1921 durchgeführt sind und teils vom Verfasser allein, teils von diesem zusammen mit einzelnen seiner Mitarbeiter, teils von letzteren allein stammen. Die Abhandlungen, die zumeist in den Berichten der Deutsch. Chem. Ges. oder im Journal für prakt. Chemie zuerst veröffentlicht waren, zeigen, in wie hohem Maße der Verfasser an den Fortschritten der im Titel genannten Arbeitsgebiete beteiligt ist. Die „komplexen anorganischen Säuren“ (nach der Benennung von Gibbs), z. B. Phosphor- und Arsenwolframsäuren, sind die jetzigen Heteropolysäuren (nach Werner). In den organischen Abhandlungen findet sich auch das Problem des Zusammenhanges zwischen Farbe und chemischer Konstitution wesentlich gefördert. Beide Bände bieten dem, der tiefer in diese Gebiete eindringen will, eine Fülle von Anregungen, gesicherten Ergebnissen und wertvollen Ausblicken. Beiläufig sei noch die vorzügliche Ausstattung rühmend hervorgehoben. *O.*

Anleitung zur organischen qualitativen Analyse. Von Dr. H. Staudinger, Prof. f. anorg. u. org. Chemie, Leiter des Lab. f. allg. u. anal. Chemie a. d. Techn. Hochschule, Zürich. Berlin, Julius Springer, 1923, 108 S. Mk. 3.60.

Wie schon der ungewohnte Titel andeutet, will die Arbeit auf dem Gebiet der Hochschuldidaktik einen neuen Weg einschlagen. Der Verfasser geht von der Ansicht aus, daß es für die Ausbildung des organischen Chemikers nicht genüge, eine Anzahl Elementaranalysen auszuführen und sich dann nur synthetischen Arbeiten zuzuwenden. Er soll auch Aufgaben lösen, die die Trennung eines Gemisches von bekannten organischen Stoffen und deren Identifizierung zum Ziele haben. Solche Übungen sind in der Tat besonders geeignet, den Praktikanten mit den vielseitigen organischen Reaktionen gründlich bekannt

zu machen. Zur Gruppenaufstellung dient die Flüchtigkeit und die Löslichkeit in Wasser und Äther, da die Ionenreaktionen, das Haupthilfsmittel der anorganischen Analyse, hier nur dünn gesät sind. Nach Auswahl und Durchführung stellt dieser eigenartige Analysengang eine vorzügliche Ergänzung der bisherigen Ausbildung dar. *O.*

Chemisches Wörterbuch. Von Dr. H. Remy, a. o. Prof. f. anal. Chemie a. d. Hamburg. Univ. Teubners kleine Fachwörterbücher Bd. 10/11. Mit 15 Abb. u. 5 Tab. Leipzig, B. G. Teubner, 1924, 416 S. Geb. Mk. 8.60.

Das Buch gibt kurze und klare Auskunft über die wichtigsten Stoffe und Begriffe der reinen und angewandten Chemie. Es wird besonders denen willkommen sein, die der Chemie etwas ferner stehen, ihr aber allgemeines Interesse entgegenbringen und sich schnell über Einzelheiten orientieren möchten. Mit besonderer Sorgfalt sind die Begriffe der theoretischen Chemie bearbeitet, aber auch in der Technik ist das Wesentliche treffend gekennzeichnet. Die sehr nützlichen kleinen Figuren könnten stark vermehrt, zum Teil verbessert werden (z. B. Buntebürette), dafür könnte in der Chemie der einzelnen Elemente an Raum gespart werden, da es doch nicht Aufgabe eines kurzen Wörterbuches sein kann, ein einfacheres Lehrbuch zu ersetzen. Beim Morphium konnte des Entdeckers Sertürner gedacht werden, der auch für sich, als Entdecker des ersten Alkaloids, ein Stichwort verdient hätte. Auch Emil Fischer fehlt, obgleich minder wichtige Namen aufgeführt sind. Solche Lücken sind aber leicht zu ergänzen. Lobend zu erwähnen ist die wissenschaftliche Schreibweise Acet-, Calcium usw.; übrigens werden Carbid, Cement, entgegen der Meinung des Verfassers, auch von den Firmen vielfach mit dem richtigen c geschrieben. Das Wörterbuch wird sich bald viele Freunde erwerben. *O.*

Leitfaden für den Unterricht in der Chemie und Mineralogie. Methodisch bearbeitet von Prof. Dr. R. Arendt, 15. Aufl. von Prof. Dr. L. Doermer. Mit 145 Abb. und 1 Taf. Leipzig, L. Voss 1922. 154 S. Mk. 1.80.

Grundzüge der Chemie und Mineralogie von R. Arendt. 13. umgearbeite und verkürzte Aufl. von Prof. Dr. L. Doermer an der Oberrealschule vor dem Holstentore in Hamburg. Mit 264 Abb., 1 Titelbild und 1 Taf. XII und 434 S. Geb. Mk. 6.60.

1. Der Leitfaden hat in bezug auf die Einflechtung der Mineralien sich immer mehr den modernen Forderungen angeglichen. Ob es richtig war, die immerhin recht instruktiven zusammenfassenden Tabellen früherer Auflagen so weitgehend auszuschalten, möchten wir dahingestellt lassen. Als Einzelheit sei erwähnt, daß die Doppelfigur 71 keine „Mörtelbereitung" darstellt; die frühere Trennung der Figur des lehrreichen Versuches, sowie ihre zwiefache Bezeichnung („Trocknen der Kalkziegel" und „Austreibung des Hydratwassers") waren richtiger. Da die vorliegende Neuauflage im wesentlichen aus dem stehen gebliebenen Schriftsatz der früheren hervorgegangen ist, muß es genügen, auf die mehrfachen Besprechungen früherer Auflagen in dieser Zeitschrift hinzuweisen. Die ständig bessernde Hand des Neubearbeiters ist allenthalben zu erkennen.

2. Die neue Auflage der Grundzüge hat im Gegensatz zu der sonst bei fast allen Lehrbüchern üblichen ständigen Erweiterung des Lehrstoffes sehr zweckmäßig eine beträchtliche Verkürzung um 84 Seiten erfahren. Dennoch kann man den Lehrstoff noch immer als sehr reichlich bemessen bezeichnen. Bemerkenswert ist, daß dieser Kürzung die „Systematische Übersicht der anorganischen Chemie" geopfert wurde, noch bemerkenswerter vielleicht, daß der Neubearbeiter selbst diese Übersicht „im Unterricht nie benutzt" hat. Sie ist in der Tat für ein wirklich methodisches Lehrbuch mehr eine bloße Dekoration; und es ist keine günstige Fortentwicklung des methodischen Gedankens, daß in dem Lehrbuch von F. Wilbrand jene Übersicht eine steigende Erweiterung gefunden hat. Hinzugekommen sind in der neuen Auflage mehrere Abbildungen, von denen besonders die seitens der chemischen Technik überlassenen Bildstöcke rühmend hervorgehoben seien. Von den bisherigen Abbildungen könnten einzelne, z. B. die in den Abmessungen unzulängliche Abb. 13 (Mg in H_2O erhitzt), sowie die verfehlte Schemazeichnung des Daniellschen Hahnes (Abb. 19) ersetzt werden; ebenso könnten die beiden altmodischen Flaschen zur relativen Gewichtsbestimmung des Wasserstoffs (Abb. 15) den viel zweckmäßigeren Fußzylindern Platz machen. Der Hofmannsche Apparat mit Kohleelektroden sollte nicht als „Voltameter" (Abb. 117) angesprochen werden. Auch die Bezeichnung Elektrolyse von Zink" (Abb. 116) statt von Zinkchlorid ist ungewöhnlich. Im übrigen stellen die Veränderungen, soweit wir sie verfolgen konnten, nur Verbesserungen dar. Auf eine grundsätzliche Auseinandersetzung mit der befolgten Methode können wir an dieser Stelle nicht eingehen. Jedenfalls ist der Neubearbeiter mit Erfolg bemüht, die Arendtsche Leistung auf der Höhe der modernen Wissenschaft zu halten. *O.*

Breitensteins Repetitorien Nr. 36: Qualitative Analyse, Nr. 37a: Maßanalyse, Nr. 37b: Gewichtsanalyse. 4. bzw. 3. neubearbeitete Auflage. Leipzig 1924 bzw. 1923, J. A. Barth. 71 bzw. 42 u. 78 S. M. 1.50 bzw. 1.— u. 1.80.

Die knappen Schriften bieten in gedrängter Kürze die wesentlichsten Belehrungen und Arbeitsvorschriften, wie sie für einfachere Fälle der Praxis genügen. Instruktive Figuren, wie sie in Nr. 37b (der Zahl nach 9) vorliegen, würden auch für 36 und 37a (mit jetzt nur je 1) von Vorteil sein; in 37b ist die Indexgröße in den Formeln viel zu klein. Manche experimentelle Einzelheiten sind auch für den chemischen Unterricht von Wert. Die Schriften seien der Beachtung empfohlen. *O.*

Vereine und Versammlungen.

Wiener Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichtes.

Vereinsjahr 1923/24.

a) Sitzungen.

29. September 1923: Univ.-Assistent Dr. Hans Schiller, Versuche mit flüssiger Luft.

6. Oktober 1923: Fachlehrer Franz Mollik und Prof. Karl Müllner, Physikalische Schulversuche.

20. Oktober 1923: Prof. Max Kessler, Physikalische Schülerübungen mit beschränkten Mitteln.

9. November 1923: Fachlehrer Rudolf Amon und Norbert Miklas, Geschichte der Kinematographie im allgemeinen und des Schulkinos im besonderen.

24. November 1923: Prof. Dr. Leopold Sternhagen, Versuche mit Phosphor.

1. Dezember 1923: Direktor Dr. Karl Bruno, Die Grundlagen der Bewegungslehre. Darstellung an Versuchen über die Fliehkraftgesetze.

15. Dezember 1923: Prof Dr. Rudolf Beranek, Über verschiedenfarbige Strahlungen.

12. Jänner 1924: Prof. Dr. Paul Werner, Iglau-Mähren, Ein Apparat zur Demonstration der Prinzipien der Wellenlehre.

19. Jänner 1924; Ing. Eduard Kerzendacht, Die technischen Einrichtungen des Wiener automatischen Telephonbetriebes.

9. Feber 1924: Univ.-Assistent Dr. Leopold Pechinger, Moderne Hochvakuumanlagen.

23. Feber 1923: Hochschul-Prof. Dr. Ludwig Flamm, Demonstration der Brownschen Molekularbewegung.

1. März 1924: Richard Bensmann, Vertreter der Firma Zeiß-Jena, Neue Apparate der Firma Karl Zeiß.

15. März 1924: Hochschul-Prof. Hofrat Dr. Max Reithoffer, Oszillographische Aufzeichnungen von Wechselströmen und elektrischen Schwingungen.

22. März 1924: Hochschul-Prof. Dr. Hugo Strache, Moderne Brennstoffwirtschaft.

29. März 1924: Univ.-Assistentin Dr. Franziska Seidl, Über kapillar-elektrische Erscheinungen auf dem Gebiete der Physik und Technik.

5. April 1924: Trauerfeier für den infolge eines Unfalles verstorbenen Gründer und Schriftführer Dr. Isidor Kraus. Würdigung seiner Verdienste um den elementaren Physikunterricht durch Direktor Hans Kellermann und Fachlehrer Franz Mollik.

12. April 1924: Dr. Karl Horovitz, Über drahtlose Telephonie.

28., 29. und 30. April 1924: Vereinsfeier anläßlich der Vollendung des 30. Vereinsjahres. Univ.-Dozent Dr. Adolf Smekal, Röntgenspektroskopie und Feinbau der Materie.

3. Mai 1924: Direktionsrat der Wiener städt. Elektrizitätswerke Ing. Fritz Siedle, Die Betriebsanlagen der städt. Elektrizitätswerke und des Zillingsdorfer Bergbaues.

17. Mai 1924: Ministerialrat Dr. ing. Artur Hruschka, Die Elektrifizierung der österreichischen Bundesbahnen. 1. Teil: Die Kraft- und Unterwerke.

20. Mai 1924: Direktor des Matadorhauses Robert Hüber, Über die Verwendung der Physiknummer des Matadorbaukastens im Physikunterrichte und seine Verwertung zu Schülerversuchen.

12. Juni 1924: Prof. Dr. Leopold Richtera-Mödling, Vorführung neuerer Apparate der Schwachstromtechnik.

20. Juni 1924: Prof. Dr. Max Prodinger-Mödling, Physik im Unterrichte und Übungen in der 3. Klasse des Realgymnasiums.

b) Besichtigungen.

21. Jänner 1924: Telephonzentrale Wien, 1. Neutorgasse.

6. Mai 1924: Zentrale Simmering der städt. Elektrizitätswerke.

7. Mai 1924: Unterstation Alsergrund der städt. Elektrizitätswerke.

14. Mai 1924: Fortbildungsschulgebäude und Lehrwerkstätten Wien VI.

29. Mai 1924: Überlandkraftwerk Ebenfurth und Braunkohlen-Bergbau zu Zillingsdorf und Neufeld.

1. Juni 1924: Städt. Gaswerk in Wien-Leopoldau.

12. Juni 1924: Sammlungen und Werkstätten der technisch-gewerblichen Bundeslehranstalt in Mödling.

20. Juni 1924: Sammlungen und Einrichtungen für Schülerübungen des Mödlinger Realgymnasiums.

Am Ende des Berichtjahres zählte der Verein 402 Mitglieder.

Vereinsanschrift: Prof. Karl Müllner, Wien 4/2 Schelleingasse 39/10.

Korrespondenz.

Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. Die 27. Hauptversammlung wird vom 4. bis 8. April dieses Jahres in Hannover stattfinden. Für die Hauptsitzungen sind Verhandlungen über „Unterricht und Technik“ und über „Die Beziehungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer untereinander und zu den anderen Fächern“ in Aussicht genommen. Die genaue Tagesordnung wird rechtzeitig in den Unterrichtsblättern für Mathematik und Naturwissenschaften veröffentlicht werden.

Himmelserscheinungen im März und April 1925.

W. Z.: Welt-Zeit = Bürgerl. Zeit Greenwich. 0^h W.Z. = Mitternacht bürgerl. Zeit Greenwich. Stundenzählung von 0^h bis 24^h. St.Z. = Bürgerl. Zeit Stargard = W.Z. + 1^h.

W.Z. 0^h		März 2	7	12	17	22	27	April 1	6	11	16	21	26	Mai 1
☿	AR	$22^h\,41^m$	23.15	23.51	0.25	0.58	1.26	1.46	1.56	1.56	1.48	1.37	1.27	1.24
	D	$-10{,}5^0$	$-6{,}5$	$-2{,}1$	$+2{,}6$	$+7{,}1$	$+11{,}0$	$+13{,}8$	$+15{,}2$	$+15{,}2$	$+13{,}7$	$+11{,}3$	$+8{,}9$	$+7{,}2$
♀	AR	$22^h\,0^m$	22.24	22.48	23.11	23.34	23.57	0.20	0.43	1.5	1.28	1.52	2.15	2.39
	D	$-13{,}5^0$	$-11{,}4$	$-9{,}1$	$-6{,}8$	$-4{,}4$	$-1{,}9$	$+0{,}6$	$+3{,}1$	$+5{,}6$	$+8{,}0$	$+10{,}3$	$+12{,}6$	$+14{,}7$
☉	AR	$22^h\,50^m$	23.8	23.27	23.45	0.3	0.21	0.40	0.58	1.16	1.34	1.53	2.12	2.31
	D	$-7{,}5^0$	$-5{,}6$	$-3{,}6$	$-1{,}6$	$+0{,}3$	$+2{,}3$	$+4{,}3$	$+6{,}2$	$+8{,}0$	$+9{,}9$	$+11{,}6$	$+13{,}3$	$+14{,}9$
♂	AR	$2^h\,52^m$	3.5	3.18	3.32	3.45	3.58	4.12	4.26	4.39	4.53	5.7	5.21	5.35
	D	$+17{,}4^0$	$+18{,}4$	$+19{,}3$	$+20{,}1$	$+20{,}9$	$+21{,}6$	$+22{,}2$	$+22{,}8$	$+23{,}3$	$+23{,}7$	$+24{,}1$	$+24{,}3$	$+24{,}5$
♃	AR	$19^h\,8^m$		19.15		19.22		19.27		19.32		19.35		19.37
	D	$-22{,}5^0$		$-22{,}3$		$-22{,}1$		$-21{,}9$		$-21{,}8$		$-21{,}7$		$-21{,}6$
♄	AR	$14^h\,50^m$				14.48				14.44				14.38
	D	$-13{,}7^0$				$-13{,}5$				$-13{,}1$				$-12{,}6$

Δ = **Sternzeit für 0^h Welt-Zeit**; für östl. bzw. westl. Länge λ^0 v. Greenwich: $\mp\ \lambda \cdot 0.657^s$

Zeitgl. = Mittl. Z. — Wahre Z.

Δ	$10^h\,37^m\,4^s$	10. 56.46	11. 16.29	11. 36.12	11. 55.55	12. 15.38	12. 35.20	12. 55.3	13. 14.46	13. 34.29	13. 54.11	14. 13.54	14. 33.37
Zeitgl.	$+12^m\,28^s$	+11.23	+10.7	+8.43	+7.15	+5.44	+4.12	+2.43	+1.18	+0.1	−1.8	−2.5	−2.51

Breite v. Berlin (52°30′). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☉-Randes. St.Z.

☉													
Aufg.	$6^h\,46^m$	6.34	6.23	6.11	5.59	5.48	5.36	5.24	5.13	5.1	4.50	4.40	4.29
Unterg.	$17^h\,40^m$	17.49	17.58	18.7	18.16	18.24	18.33	18.42	18.51	18.59	19.8	19.17	19.26

Breite v. Berlin (52° 30′). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☾-Randes. St.Z.

☾													
Aufg.	$10^h\,24^m$	14.23	20.13	1.11	5.23	7.27	10.18	15.28	21.44	1.49	4.44	6.50	10.56
Unterg.	$1^h\,9^m$	5.22	7.31	9.59	15.34	21.45	1.51	4.45	6.45	10.50	17.4	22.51	1.51

Mondphasen W.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		März 2. $12^h\,6.6^m$	März 10. $14^h\,20.9^m$	März 17. $17^h\,21.8^m$
	März 24. $14^h\,2.9^m$	April 1. $8^h\,11.9^m$	April 9. $3^h\,32.8^m$	April 15. $23^h\,39.9^m$
	April 23. $2^h\,28.0^m$	Mai 1. $3^h\,19.8^m$		

Verfinsterungen der **Jupitertrabanten I, II, III, IV.** E: Eintritt, A: Austritt. W.Z.

I	II	III	IV
März 30. $3^h\ 8.2^m$ E	März 31. $2^h\ 34.8^m$ E	April 11. $1^h\ 28.4^m$ E	März 8. $3^h\ 18.7^m$ E
April 15. $1^h\ 24.0^m$ E	Mai 2. $2^h\ 4.6^m$ E		März 8. $4^h\ 45.2^m$ A

Tägliches **Erscheinen** und **Verschwinden** der **Planeten.** Breite v. Berlin. Länge v. Stargard.

St.Z.	☿ Morgenstern	♀ (Wa, F, W)	♂ (St, Zw)	♑ (Steinbock)	♄ (Wg)
März 2.	—	—	D_a $18{,}7^h$ U $23{,}9^h$	A $4{,}6^h$ D_m $5{,}8^h$	A $23{,}4^h$ D_m $5{,}6^h$
„ 12.	—	—	D_a $19{,}0^h$ U $23{,}9^h$	A $4{,}0^h$ D_m $5{,}4^h$	A $22{,}7^h$ D_m $5{,}2^h$
„ 22.	D_a $19{,}1^h$ U $19{,}7^h$	—	D_a $19{,}3^h$ U $23{,}9^h$	A $3{,}5^h$ D_m $5{,}0^h$	A $22{,}0^h$ D_m $4{,}8^h$
April 1.	D_a $19{,}3^h$ U $20{,}5^h$	—	D_a $19{,}5^h$ U $23{,}8^h$	A $2{,}9^h$ D_m $4{,}6^h$	A $21{,}3^h$ D_m $4{,}4^h$
„ 11.	D_a $19{,}6^h$ U $20{,}1^h$	—	D_a $19{,}8^h$ U $23{,}8^h$	A $2{,}3^h$ D_m $4{,}2^h$	A $20{,}6^h$ D_m $4{,}0^h$
„ 21.	$(19{,}7^h)$	—	D_a $20{,}1^h$ U $23{,}7^h$	A $1{,}7^h$ D_m $3{,}8^h$	A $19{,}9^h$ D_m $3{,}6^h$
Mai 1.	—	—	D_a $20{,}4^h$ U $23{,}5^h$	A $1{,}0^h$ D_m $3{,}5^h$	A $19{,}3^h$ D_m $3{,}3^h$

A = Aufgang; U = Untergang; D_a und D_m = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.

W. Z. Merkur in gr. örtl. Elong. 18° 58′, März 31. 0^h. **Sternbedeckungen:** α-**Leonis**, März 8. $22^h\ 26{,}4^m$; **Neptun**, Mai 1. $22^h\ 51^m$.

Frühlingsäquinoktium März 21. 3^h.

A. Weill.

Für die Redaktion verantwortlich: Geh. Studienrat Professor Dr. F. Poske, Berlin-Dahlem.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck der Univ.-Druckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.